



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE TANINOS DE
GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) (MOL) O. KUNTZ EN
DIFERENTES PISOS ALTITUDINALES DENTRO DEL CANTÓN
GUANO PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA:

CARLA BRIGITTE JÁCOME ANALUISA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERIA FORESTAL

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE TANINOS DE
GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) (MOL) O. KUNTZ EN
DIFERENTES PISOS ALTITUDINALES DENTRO DEL CANTÓN
GUANO PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: CARLA BRIGITTE JÁCOME ANALUISA

DIRECTOR: DR. GALO BRIAM MONTENEGRO CÓRDOVA

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Carla Brigitte Jácome Analuisa

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Carla Brigitte Jácome Analuisa, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 05 de junio de 2024

Carla Brigitte Jácome Analuisa
180441831-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

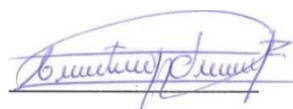
El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE TANINOS DE GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) (MOL) O. KUNTZ EN DIFERENTES PISOS ALTITUDINALES DENTRO DEL CANTÓN GUANO PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **CARLA BRIGITTE JÁCOME ANALUISA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Bioq. Cristina Villegas Mg.

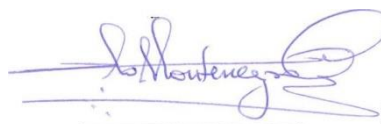
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



2024-06-05

Dr. Galo Briam Montenegro Córdova Ph.D

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-06-05

Msc. Vilma Fernanda Noboa Silva

**ASESORA DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-06-05

DEDICATORIA

A mi gato Morgan por ser mi apoyo emocional cuando ya no quería seguir aquí y a mi banda boy band favorita BTS porque ellos me enseñaron que “He aprendido a quererme a mí mismo por quien soy, quien fui y quien espero ser”, gracias por salvarme la vida.

Carla. B. Jácome

AGRADECIMIENTO

A Dios por dejarme ver la luz del sol cada día, por darme la fuerza, sabiduría y apoyo espiritual para salir adelante.

A mis Padres aquellos por los que estoy aquí, gracias por su esfuerzo y paciencia conmigo, por sus regaños y aplausos.

A mis hermanos Guillermo y Gabriela por ser mis mejores amigos, mi apoyo y mis rayitos de sol cada que la tormenta se acercaba, gracias por su apoyo incondicional y secarme las lagrimas cuando las cosas se ponían difíciles.

A mi Director y Asesora de tesis por guía en este trabajo investigativo, al Ing. Renato Manzano por su paciencia, tiempo y apoyo en cada parte de este trabajo por brindarme su guía en el proceso de laboratorio estaré agradecida con él el resto de mi vida.

Carla. B. Jácome

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. <i>Hipótesis nula</i>	4
1.4.2. <i>Hipótesis alterna</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>) (Mol) O. Kuntz.....	5
2.1.1. <i>Descripción de la especie</i>	5
2.1.2. <i>Taxonomía y morfología</i>	6
2.1.3. <i>Origen y distribución</i>	7
2.1.4. <i>Hábitat natural</i>	7
2.1.5. <i>Condiciones climáticas y requerimientos edafoclimáticos</i>	8
2.1.6. <i>Subproductos del Guarango</i>	9
2.1.7. <i>Aprovechamiento del Guarango</i>	10
2.1.8. <i>Usos del Guarango</i>	10
2.2. Taninos.....	12
2.2.1. <i>Descripción</i>	12
2.2.2. <i>Clasificación de los Taninos</i>	12
2.2.3. <i>Usos de los Taninos</i>	16

2.2.4.	<i>Propiedades de los Taninos</i>	17
2.3.	Métodos de obtención de taninos	17
2.3.1.	<i>Métodos de extracción</i>	17

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	23
3.1.	Nivel de investigación	23
3.2.	Tipo de estudio	23
3.3.	Delimitación de la zona	23
3.4.	Caracterización del lugar	24
3.4.1.	<i>Características climáticas</i>	24
3.4.2.	<i>Características ecológicas</i>	25
3.5.	Materiales y métodos	26
3.5.1.	<i>Materiales y equipos</i>	26
3.5.2.	<i>Metodología</i>	27

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.	Determinar la concentración de Taninos en harina de la vaina del Guarango	32
4.1.1.	<i>Delimitación de la zona</i>	32
4.1.2.	<i>Recolección de los frutos (vainas) de Guarango</i>	33
4.2	Analizar la variación del contenido de Taninos en función de factores ambientales y de cultivo	40
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES	43

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del Guarango.	6
Tabla 3-2: Pisos climáticos de Guano	25
Tabla 4-3: Tabla de coordenadas de los cuatro lugares	33
Tabla 4-4: Resultados obtenidos a partir de la evaluación del color y olor de los extractos.	35
Tabla 4-5: Valores obtenidos en la determinación del pH del extracto acuoso por calentamiento.	36
Tabla 4-6: Volumen de KMnO_4 gastado en el extracto acuoso por calentamiento.	36
Tabla 4-7: Pruebas colorimétricas para Taninos.	38
Tabla 4-8: Resultados de la cuantificación de contenidos por el método volumétrico.	39
Tabla 4-9: Agrupación de datos de Guarango en función del contenido de Tanino.	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2-1: Fotografía de un árbol de Guarango y sus frutos.....	5
Figura 2-2: Fotografía de las inflorescencias, hojas y frutos de Guarango.....	7
Figura 2-3: Zonas de vida del Guarango según la clasificación Holdridge.....	8
Figura 2-4: Estructura de los Taninos hidrolizables (Galataninos y Elagitaninos).....	12
Figura 2-5: Estructura de los Taninos hidrolizables.....	13
Figura 2-6: Estructura de Taninos de <i>Caesalpinia spinosa</i>	14
Figura 2-7: Estructura de la procianidina (B1, B2, B3, B4).....	15
Figura 2-8: Estructura de los florotaninos.....	16
Figura 2-9: Clasificación de los métodos de obtención de extractos Tánicos.....	18
Figura 3-10: Mapa de ubicación de las áreas de estudio.....	24
Figura 3-11: Vainas y Harina de vaina de Guarango.....	28
Figura 4-12: Mapa de ubicación de las muestras recolocadas de las vainas de Guarango en el Cantón Guano.....	32
Figura 4-13: Frutos de Guarango recolectados.....	33
Figura 4-14: Extractos acuosos por calentamiento.....	34
Figura 4-15: Tabla de Munsell.....	35
Figura 4-16: Viraje en la valoración del extracto acuoso de Guarango.....	37
Figura 4-17: Análisis estadístico en el programa InfoStat.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCION DE MUESTRAS DE LAS VAINAS EN LOS ARBOLES DE GUARANGO.

ANEXO B: FORMATO DE ETIQUETA DE LAS MUESTRAS

ANEXO C: MUESTRAS DE VAINAS Y HARINA DE GUARANGO

ANEXO D: PREPARACION DE LOS EXTRACTOS Y MÉTODO DE EXTRACTO ACUOSO POR CALENTAMIENTO

ANEXO E: EXTRACTOS ACUOSOS Y SOLUCIONES DE ÍNDIGO CARMÍN Y PERMANGANTO DE POTASIO

ANEXO F: PREPARACIÓN Y TITULACIÓN DE LAS MUESTRAS

ANEXO G: VIRAJE EN LA VALORACION DEL EXTRACTO ACUOSO DEL GUARANGO

ANEXO H: ANALISIS ESTADISTICO CON EL PROGRAMA INFOSTAT

ANEXO I: CALCULOS PARA LA PREPARACION DE SOLUCION DE PERMANGANTO DE POTASIO A 0,025 N

ANEXO J: CALCULOS PARA LA PREPARACION DE SOLUCIÓN DE INDIGO CARMÍN A 0,025 N

ANEXO K: CALCULO PARA LA DETERMINACION DE TANINOS EN DIFRENTES CONCENTRACIONES

ANEXO L: CALCULO CONTENDIO TANINOS

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el contenido de Taninos de la vaina de Guarango (*Caesalpinia spinosa*) en diferentes pisos altitudinales dentro del Cantón Guano Provincia de Chimborazo. La metodología adoptada fue de tipo experimental cualitativa y cuantitativa la concentración de taninos en la harina de vaina de Guarango se determinó mediante un extracto acuoso por calentamiento, simultáneamente, se cuantificó el contenido de taninos en el extracto de *Caesalpinia spinosa* mediante el método Lowenthal, utilizando una solución de permanganato de potasio (KMnO₄) a 0,025N. Para evaluar la variación en el contenido de taninos, se realizó un análisis estadístico en el programa InfoStat mediante un diseño completamente aleatorizado (DCA) en cada ubicación de estudio mediante esta metodología los resultados obtenidos revelaron variaciones significativas en el porcentaje de Taninos de cada una de las muestras analizadas, las cuales corresponden a diferentes rangos altitudinales y el análisis estadístico realizado determino que no existen diferencias estadísticas significativas entre el contenido de Taninos por pisos altitudinales. En este contexto se concluye que la muestra 3, ubicada en el rango altitudinal de (2601-2800) m, exhibió el mayor contenido de taninos, alcanzando un 42%. Le sigue la muestra 2 con un 41,13%, la muestra 4 con un 40,25% y, finalmente, la muestra 1 con un 37,13% de Taninos y el análisis estadístico indico que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de Taninos en relación con los distintos pisos altitudinales.

Palabras clave: < HIDROCOLOIDES >, < TANINOS >, < EXTRACTO >, < REACTIVOS >, < MÉTODO VOLUMÉTRICO >, < GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) >, < MACERACIÓN >, < PISOS ALTITUDINALES >.

0692-DBRA-UPT-2024

10-06-2024

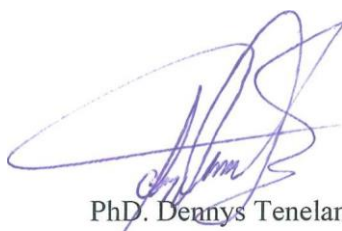


ABSTRACT

This research aimed to determine the Tannin content of the Guarango pod (*Caesalpinia spinosa*) in different altitudinal levels within the town of , Province of Chimborazo. The methodology adopted was qualitative and quantitative experGuanoimental. The concentration of tannins in the Guarango pod flour was determined using an aqueous extract by heating, simultaneously, the tannin content in the *Caesalpinia spinosa* extract was quantified using the Lowenthal method, using a solution of potassium permanganate (KMnO₄) at 0.025N. To evaluate the variation in the tannin content, a statistical analysis was carried out in the InfoStat program using a completely randomized design in each study location. Using this methodology, the results obtained revealed significant variations in the percentage of Tannins of each of the analyzed samples, which correspond to different altitudinal ranges and the statistical analysis carried out determined that there were no significant statistical differences between the Tannin content by altitudinal levels. In this context, it was concluded that sample 3, located in the altitudinal range of (2601-2800) m, exhibited the highest tannin content, reaching 42%. This was followed by sample 2 with 41.13%, sample 4 with 40.25% and, finally, sample 1 with 37.13% of Tannins and the statistical analysis indicated that no statistically significant differences were observed in the Tannin content in relation to the different altitudinal levels.

Keywords: < HYDROCOLLOIDS >, < TANINS >, < EXTRACT >, < REAGENTS >, <VOLUMETRIC METHOD >, < GUARANGO (*Caesalpinia spinosa*) >, < MACERATION >, < ALTITUDINAL FLOORS >.

Riobamba, June 13th, 2024



PhD. Denny Tenelanda López

ID number: 0603342189

INTRODUCCIÓN

La especie forestal *Caesalpinia spinosa* (Guarango) procedente de los valles andinos, se desarrolla de manera silvestre o naturalmente en varias zonas de Sudamérica desde Venezuela a Chile teniendo su mejor desarrollo entre los 1500 y 2800 ms.n.m . (FONAG, 2006 pág. 9) Esta especie es conocida con diferentes nombres comunes entre los más destacados están “Guarango” en Ecuador, “Taya” en Perú, “Cuica” en Colombia, en base a esto el nombre con el que más se le conoce internacionalmente es algunos países de Sudamérica es “Tara” (Narváez et al., 2009 págs. 4-7).

En Ecuador se distribuye en las provincias Chimborazo, Pichincha, Loja, Azuay, Tungurahua, Cotopaxi y Carchi, esta especie se encuentra en un rango altitudinal que va entre 1500 a 2800 m y tiene su mejor adaptación entre los 1800 y 2500 m, perteneciente al ecosistema Matorral seco Montano, esta especie forestal es poco exigente en cuanto a suelos teniendo una buena adaptación en suelos franco arenosos, requiriendo una precipitación anual entre 400 a 800 mm y una temperatura de 16 a 20°C (FONAG, 2006, págs. 8-9).

El Guarango se considera una especie forestal de importancia socio económica gracias a las investigaciones que la rodean, su uso en la medicina popular y actualmente dentro del mercado de hidrocoloides alimenticios (Hidalgo, 2023 pág. 13). El protagonismo de esta especie radica en su vaina esta posee un contenido elevado de taninos los cuales se han convertido en un producto de exportación usado como materia prima para la obtención de ácido tánico y son usados como materia prima para diferentes industrias, siendo la que más destaca la industria de la curtiembre (FONAG, 2006 págs. 9-10).

Actualmente en la provincia de Chimborazo existen pequeños cultivos de esta especie que se usan como cercas vivas, para regenerar suelos, ornamentar e impedir la desertificación. Según lo manifiesta De la Cruz (2004 pág. 70), la vaina molida de Guarango representa un 40 a 50 % del peso del fruto tiene una concentración de taninos que va de 40 al 60 %. Podría variar dependiendo de sus nichos ecológicos y de sus condiciones edafoclimáticas.

De esta manera en el presente proyecto se considera dos aspectos fundamentales en relación con *Caesalpinia spinosa* los cuales son determinar la concentración de taninos en la harina de Guarango y analizar la variación del contenido de taninos en función de factores ambientales y de cultivo.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Según menciona FONAG (2006 pág. 6) el Guarango es una planta nativa de la región andina reconocida por su alto contenido de Taninos y su aplicación tradicional en diversos sectores, sin embargo, a pesar de su relevancia, existe una falta de información detallada a nivel local sobre las propiedades y potencialidades de los productos y subproductos de la especie.

La carencia de investigaciones centradas en la determinación precisa del contenido de Taninos en la harina de vaina de Guarango, así como en la influencia de la altitud en la que estas especies son cultivadas, ha restringido la comprensión de las propiedades químicas de esta especie en relación con su altitud, subestimando su potencial tanto ecológico como económica, representan una valiosa oportunidad para impulsar la agroexportación y la agroindustria abarcando diversos sectores industriales entre ellos el textil, curtiduría, farmacéutica y química, entre otros

La insuficiencia de estudios sobre el contenido de Taninos en la harina de vaina de Guarango en el Cantón Guano limita el conocimiento completo de su potencial económico y ambiental, la falta de información detallada afecta la capacidad de las comunidades y los actores involucrados en la cadena productiva de esta especie desarrollar prácticas óptimas en el cultivo y procesamiento del Guarango obstaculizando la implementación de estrategias efectivas de conservación y sostenibilidad de esta especie e impactando la rentabilidad económica de las comunidades.

En este contexto, la presente investigación se propone abordar estas carencias, explorando la relación entre la altitud de cultivo, el contenido de taninos y su posible variación o no en los diferentes pisos altitudinales, para contribuir al desarrollo de estrategias de gestión que fomenten un aprovechamiento sostenible de este recurso.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar el contenido de Taninos de la vaina de Guarango (*Caesalpinia spinosa*) en diferentes pisos altitudinales.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de Taninos en la harina de vaina de Guarango.
- Analizar la variación del contenido de Taninos en función de factores ambientales y de cultivo.

1.3 Justificación

El Guarango presenta un potencial económico por el uso de sus derivados, el protagonismo de esta especie radica en que su vaina tiene un contenido elevado de Taninos que son compuestos vegetales de importancia ecológica y económica los cuales son considerados un extraordinario producto de exportación de materia prima para la obtención del ácido Tánico usado en algunas industrias entre las que destacan la industria de la curtiembre (Jara, 2013 pág. 3)

En la provincia de Chimborazo se realiza la comercialización de la materia prima por asociaciones comunitarias su vaina es un producto de exportación para las asociaciones comunitarias que forman parte de la Organización HEIFER dedicadas a la exportación de la vaina del Guarango dentro de la provincia de Chimborazo cantón Guano.

Según De la Cruz (2004 pág. 70) de la vaina de Guarango se obtiene una harina, con un contenido aproximado de taninos de 40 a 60 %, esta harina es el primer producto comercial de exportación, a partir de esta, se puede aumentar el valor agregado del producto, mediante un proceso de determinación de la cantidad de taninos.

Teniendo en cuenta los antecedentes y las potencialidades del guarango, se destaca como una especie forestal capaz de generar beneficios económicos para las comunidades vinculadas a su cultivo. Su contribución se traduce en un significativo apoyo a la preservación de los recursos naturales y la biodiversidad, añadiendo valor a través de la elaboración de productos y

subproductos. Este enfoque busca optimizar la explotación del cultivo al identificar y promover la producción de taninos de alta calidad presentes en las vainas de guarango. Este proceso no solo fortalece la sostenibilidad ambiental, sino que también promueve el desarrollo económico local asociado a la cadena productiva del guarango.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis nula

La concentración de Taninos en la harina de la vaina de Guarango (*Caesalpinia spinosa*) (Mol) O. Kuntz es similar en cultivos conducidos en diferentes pisos altitudinales del Cantón Guano provincia de Chimborazo

1.4.2 Hipótesis alterna

La concentración de Taninos en la harina de la vaina de Guarango (*Caesalpinia spinosa*) (Mol) O. Kuntz tiene un comportamiento diferente en cultivos conducidas en diferentes pisos altitudinales del Cantón Guano provincia de Chimborazo

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 Guarango (*Caesalpinia spinosa*) (Mol) O. Kuntz

2.1.1 Descripción de la especie

La especie forestal *Caesalpinia spinosa* es una especie originaria de los Andes de Ecuador, Venezuela, Colombia, Perú y Chile. Esta especie ha sido utilizada desde la época pre-hispánica en la medicina popular y artesanal y actualmente se está utilizando en el mercado de los hidrocoloides alimenticios (Ecuadorforestal, 2018 págs. 1-2).

El Guarango también conocido como “Campeche, Tara, Vainillo, Espino o Taya” pertenece a la familia de las leguminosas, en Ecuador se lo encuentra en la región Sierra, es una especie que ayuda en la recuperación de suelos mediante la fijación de nitrógeno, su fuerte es la adaptabilidad a suelos pobres y lugares con bajas precipitaciones, esta especie produce madera de buena calidad y sus frutos los cuales son demandados a nivel nacional como internacional son unas vainas con alto contenido de Taninos, la cual es una sustancia de aplicación industrial entre las que destacan la industria de la curtiembre (Arguello, y otros, 2017 pág. 43).

Es un árbol silvestre originario de los Andes, se lo puede encontrar en pequeños bosquetes o en individuos solitarios, su fruto una vaina de coloración rojiza se recolecta cuando está madura y seca cuando está madura, en la figura 2-1. se muestra un árbol de guarango y sus vainas. Sus principales productos son los Taninos usados en la industria de la curtiembre y sus gomas que son usadas en la industria alimentaria (Manceno, 2008 pág. 11).



Figura 2-1: Fotografía de un árbol de Guarango y sus frutos.

2.1.2 Taxonomía y morfología

En la tabla 2-1 se presenta la clasificación taxonómica de la especie conocida como tara o guarango.

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica del Guarango.

Reino	Plantae
Clase	Magnoliophyta
Orden	Fabales
Familia	Caesalpinaceae
Genero	Caesalpinia
Especie	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Mol.) O. Kuntz
Nombre Común	Guarango (Ecuador); Tara, Taya (Perú); Guarango, Cuica, Serrano, Tara (Colombia); Tara (Bolivia, Chile, Venezuela)

(Nieto y Barona, 2007; citado en Játiva, 2011)

El Guarango es un árbol pequeño de 4 a 8 m de altura, en mejores condiciones pueden llegar hasta los 12 m, tiene copa irregular, aparasolada es poco densa alcanzando un diámetro de hasta 15 m, su tronco es de forma cilíndrica de hasta 40 cm de diámetro, aunque a veces es delgado, tiende a ramificarse, desde la base usualmente tiene espinas, cuando es joven su corteza es rugosa, de color café -gris y fisurada, su corteza interna es de color crema amarillento (Ecuadorforestal, 2018 pág. 1).

Sus hojas son caducifolias, compuestas, bipinnadas y alternadas de manera espiral de color verde oscuro, sus flores de color amarillo rojizo son irregulares y hermafroditas, el conjunto de esta forma racimos, su fruto son vainas aplanadas relativamente curvas indehiscentes, cuando el fruto está en etapa temprana es de tonos verdes y cuando este madura es de color marrón rojizo, cada vaina contiene de 5 a 10 semillas ovoides y ligeramente aplanadas de color café negruzco, tanto las hojas flores y frutos se los puede ver en la figura 2-2. de manera más clara, en base a lo anterior las vainas y las semillas de esta especie forman parte importante en el aprovechamiento del árbol (FONAG, 2006 pág. 8).

Generalmente cada árbol de Guarango puede alcanzar un promedio de 20 kg a 40 kg de vainas cosechada un lapso de 2 veces al año, un árbol de esta especie puede dar frutos en un lapso de tres años y si este es silvestre en un lapso de 4 años de esta manera el promedio de vida es de cien años y el área que puede ocupar cada árbol de esta especie es de aproximadamente 10 m² (De la Cruz, 2004 pág. 65).



Figura 1-2: Fotografía de las inflorescencias, hojas y frutos de Guarango.

(Játiva, 2011)

2.1.3 Origen y distribución

Según Lara (2019 pág. 11) se distribuye en las latitudes de entre los 4° y 32° S, los que abarca diversas zonas áridas que van desde Venezuela pasa por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y hasta la parte norte de Chile.

En Ecuador es una especie nativa la cual crece en los valles secos, y abarcan las provincias de Carchi, Tungurahua, Loja, Chimborazo, Imbabura y Pichincha, predominando con mayor concentración de esta especie la provincia de Imbabura, también se caracteriza por estar ubicada en lugares secos o semiáridos con un promedio anual de precipitación anual de 300 a 800 mm, crece entre los 1000 – 3000 m s. n. m (Aguirre, 2012 pág. 65).

2.1.4 Hábitat natural

Esta especie es considerada de importancia ecológica ya que ayuda a la recuperación de la fertilidad de los suelos, es una especie rustica debido a su tolerancia a sequias, plagas y enfermedades, en su hábitat natural se lo observa en sistemas agroforestales como árbol sombra para los animales junto con cultivos, linderos o cercos y también como un árbol ornamental. es poco exigente en cuanto a suelos teniendo una buena adaptación a todo tipo de climas y suelos (Játiva, 2011).

Según manifiesta (Ecuadorforestal, 2018) esta especie se desarrolla en formaciones dentro de Bosque seco Montano bajo (bs-MB) y Bosque seco Premontano(bs-PM), Monte espinoso Premontano (me-PM) según la clasificación Holdridge (pág. 1).

Zona de Vida	Precipitaciones promedio (mm)	Temperaturas promedio (°C)	Distribución
Estepa espinosa - montano bajo	250 - 500	12 - 18	Toda la zona
Bosque seco - Montano bajo	500 - 700	12 - 18	Zona de menor precipitación
Matorral desértico - Montano bajo	200 - 250	13 - 18	Zona de mayor precipitación y lomas
Monte espinoso - Premontano	350 - 500	18 - 20	Zona de mayor precipitación
Matorral desértico - Premontano	200 - 250	18 - 21	Zona de mayor precipitación y humedad

Figura 2-3: Zonas de vida del Guarango según la clasificación Holdridge.

(Holdridge, 2000; citado en Játiva, 2011)

2.1.5 Condiciones climáticas y requerimientos edafoclimáticos

En Ecuador esta especie se distribuye dentro de un rango altitudinal que va entre los 1300 a 2800 m, aunque también se ha visto especies dentro los 3000 m, pero su mejor adaptación se encuentra entre los 1800 a 2800 m.s.n.m, dentro de las condiciones climáticas óptimas para su desarrollo tenemos que debe estar en una temperatura de entre los 12-22 °C, con una precipitación anual de 300 a 800 mm y no soporta las heladas (FONAG, 2006 pág. 9).

Respecto a los requerimientos edafoclimáticos esta especie es muy poco exigente ya que se adapta a suelos de características pedregosas, calcáreas, sueltos y degradados de esta manera el suelo en el que mejor se desarrolla son los Franco Arenosos, con un pH que va entre los 6.0 y 7.5, por lo que su crecimiento dependerá de las condiciones de altitud y de clima independientemente de las características del suelo (Villanueva Mendoza, 2007; citado en Cuchiipe, 2022).

2.1.6 *Subproductos del Guarango*

Dentro de los subproductos del guarango con interés industrial tenemos sus vainas/ cascara y semillas estas representan una alternativa para aumentar el valor de la especie ya que dichos productos podrían ser aprovechados de manera industrial mediante la realización de procesos de extracción de taninos para obtener Ácido Gálico o Tánico para uso industrial (Alnicolsa, 2009; citado en Arguello y Saltos, 2017).

- Fruto o vaina del Guarango

El fruto del Guarango tiene dos partes principales: la corteza y las semillas. La cascara o corteza representa alrededor de un 63% del peso del fruto y esta es la parte del fruto que contiene una mayor cantidad de taninos, esta vaina es almacenada en sacos para preservar las características del producto (Arguello, y Saltos, 2017 pág. 45).

Las vainas de *Caesalpinia spinosa* presentan un alto contenido de taninos, esta es una sustancia de origen natural astringente y de sabor amargo que comúnmente es usada en el ámbito industrial siendo la que más destaca la industria de la curtiembre. De la cascara de la vaina del Guarango mediante el proceso de trillado y molienda se obtiene una harina con un tono color amarillo claro la cual tiene un contenido de taninos de un 40 a 60% aproximadamente siendo esta uno de los primeros productos para comercializar y exportar (Arguello, y Saltos, 2017 pág. 45).

- Semillas

Según Arguello y Saltos (2017 pág. 45) las semillas de Guarango dentro de su composición tienen alrededor de 35% de tegumento, 24% de goma o endospermo y 40% de germen o cotiledones. A partir de las semillas de esta especie se puede obtener gomas, pasta y harinas con alto contenido proteínico, sus proteínas se usan para la alimentación humana y animal de esta se extraen aceites y gomas las cuales ayudan en la industria alimentaria como espesantes para la preparación de yogurt, salsas, helados, mermelada y otros productos (FONAG, 2006 pág. 10).

En base a lo anterior los frutos y las semillas de Guarango tienen una gran demanda dentro del mercado nacional así como a nivel internacional.

2.1.7 Aprovechamiento del Guarango

Dentro del aprovechamiento integral del Guarango en estado silvestre esta especie tiene varias potencialidades dentro de los ámbitos industrial, médico y alimenticio, demostrando mayor potencial dentro de los hidrocoloides alimenticios, producción de ácidos Tánico y Gálico, gomas y taninos (De la Cruz, 2004; citado en Cortez, 2012).

Es una especie usada para proteger suelos, ya que se adapta a cualquier variedad de clima, suelos pobres y con bajas precipitaciones se considera una buena opción para proteger tierras en proceso de erosión. El Guarango es usada en asociación con cultivos como alfalfa, maíz, papas etc. ya que no existe competencia por agua con estos, gracias a su raíz pivotante y ser considerada una especie fijadora de nitrógeno y que su copa al no ser densa deja pasar la luz del sol a los demás cultivos (De la Cruz, 2004; citado en Cortez, 2012).

Esta especie es una opción de cultivo que reemplazaría a los sistemas productivos con baja rentabilidad y de esta manera ayudaría a la creación de emprendimientos agroindustriales mediante la cadena de valor de esta especie con la recolección, acopio, clasificación, procesamiento y comercio de los frutos del Guarango (FONAG, 2006 pág. 7).

También existe un aprovechamiento comercial garantizado para esta especie tanto para sus productos como para sus subproductos en base a la extracción de taninos y gomas para la industria sino por la necesidad de protección ambiental ya que dentro de la industria de las curtiembre el polvo que se obtiene de las vainas del Guarango puede ser de gran utilidad para reemplazar al azufre y al cromo consideradas sustancias químicas muy contaminantes aportando así a la protección del medio ambiente (Márquez, 2022).

2.1.8 Usos del Guarango

El Guarango tiene diversos usos entre los que destacan los siguientes:

- Dentro de la medicina:

En la medicina tradicional esta especie es útil para tratar infecciones de garganta, infecciones vaginales, sinusitis e infecciones micóticas, dolor de muelas y estómago. El macerado de su fruto es usado como fungicida para pies y es utilizada en gran parte de la

industria farmacéutica para tratar enfermedades gastrointestinales y úlceras por su efecto astringente, antiséptico y antimicótico (Ecuadorforestal, 2018 pág. 2).

- Dentro de la industria:

La harina de la vaina del Guarango separada de la semilla es un producto de exportación como materia prima para la obtención del ácido tánico y gálico, importantes en la industria de la curtiembre, alimentaria y farmacéutica (Mancero, 2008; citado en Játiva, 2011).

Esta especie ha sido aprovechada en la industria de los hidrocoloides alimenticios dentro de la cual una de las características más importantes es el uso de las gomas. A demás se destacan: en la Industria Alimenticia la usan como un espesante o estabilizador de alimentos como quesos, mermeladas, helados etc.; dentro de la Industria Papelera aporta como un agente para retener la humedad, ayuda como corrector de irregularidades en prensas; también es usada para la fabricación de plásticos y adhesivos; dentro de la Industria Química es usada para la creación de bactericidas y fungicidas (Erazo y Aguilar, 2017; citado en Hidalgo, 2023).

- Para la conservación de suelos:

Esta especie ayuda en el mejoramiento de los suelos gracias a su raíz pivotante y profunda, también aporta nitrógeno al suelo, es una especie con gran adaptabilidad para suelos con alta pendiente, usada para cercas y sistemas agroforestales y para dar sombra al ganado y es usada para asociaciones con otros cultivos (Ecuadorforestal, 2018 pág. 2).

- Su madera:

La madera de esta especie al ser de tonalidad blanca con un jaspeado café rojizo aporta un buen conductor calorífico y puede ser usada como leña, también es apreciada para la realización de parquet y postes (Aguirre, 2012).

2.2 Taninos

2.2.1 Descripción

De manera general podemos decir que los taninos son compuestos polifenólicos que se encuentran en las plantas, estos son solubles en el agua, alcohol y acetona. Están distribuidos de manera amplia en especies vegetales cuya cantidad, propiedades biológicas y estructura química están determinadas por varios factores considerándose así compuestos fenólicos cuyo uso puede tener una serie de efectos benéficos (Vázquez et al., 2012 pág. 84).

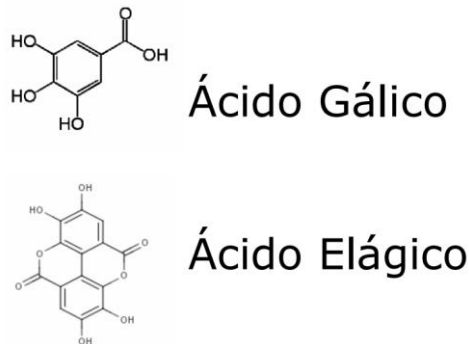


Figura 2-4: Estructura de los Taninos hidrolizables (Galataninos y Elagitaninos).

(Fernández, 2007)

Según Isaza (2007 pág. 1) el término taninos procede de manera histórica por el uso empírico de ciertos extractos vegetales en el proceso de curtido o transformación de pieles de animales en cuero hace más de un siglo. Es así como el proceso mencionado anteriormente se lo conoce como curtiembre o “tanning” de esta manera se popularizo y se consolido el término “Tanino” en la literatura científica hace más de cien años atrás Timbre señaló: “Los taninos ocupan parte de la frontera entre la botánica y la química”, a pesar de la importancia de los taninos para diversas diciplinas científicas no es fácil tener una definición exacta acerca de los taninos vegetales.

En base a los anterior la definición más aceptable y concisa seria: “Los Taninos son compuestos fenólicos solubles en el agua, con pesos moleculares que van desde 500 y 3000, que aparte de dar las reacciones fenólicas usuales tienen propiedades especiales tales como la habilidad de precipitar alcaloides, gelatina y otras proteínas” (Bate-Smith y Swain, 1962; citado en Isaza, 2007).

2.2.2 Clasificación de los Taninos

Los taninos de acuerdo con su estructura, cantidad y propiedades químicas se clasifican en tres grupos estructurales los cuales se producen por diferentes vías (Isaza, 2007 pág. 13).

2.2.2.1 Taninos hidrolizables

Son considerados polímeros de ácidos fenólicos, estos son ésteres de ácidos fenólicos (ácido gálico y elágico), con una azúcar (glucosa) o un polialcohol, son denominados así porque fácilmente se los puede someter a hidrólisis al usar agua, enzimas, álcali o ácido dentro de este grupo el ácido más conocido es el ácido tánico (Isaza, 2007 pág. 14).

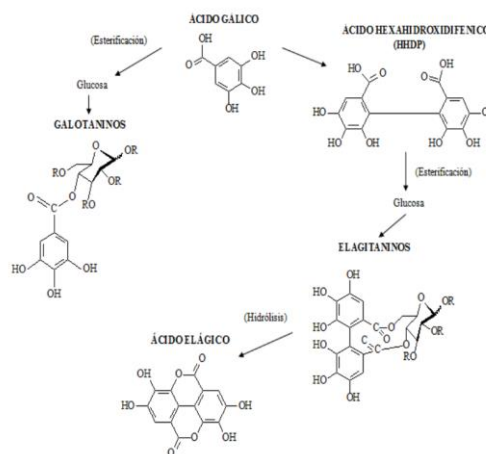


Figura 2-5: Estructura de los Taninos hidrolizables.

(Játiva, 2011)

Como muestra la figura 2-5, los Galotaninos y Elagitaninos se liberan fácilmente por un procesamiento con ácido o enzimas, de esta manera los galotaninos gracias al método de hidrólisis originan azúcar y ácido gálico teniendo que esterificarse al menos 3 grupos hidroxilo de glucosa para lograr una mayor captación y clasificarlos como tanino y los elagitaninos aparte de producir azúcar y ácido gálico liberan también ácido elágico (Samuelsson y Bohlin, 2009; citado en Játiva, 2011).

Como un modelo de lo que es un Tanino hidrolizable del grupo de los Galotaninos podemos encontrar el de la especie forestal *Caesalpinia spinosa* más conocido como “Guarango o Tara”, este es un claro ejemplo de Tanino hidrolizable gracias a la actividad de un catalizador denominado tanasa permitiendo que tenga un peso molecular de 800 asignándole una estructura de un éster poligaloil de ácido quínico al tanino (Alvarez y Lock, 1992; citado en Sias, 2018).

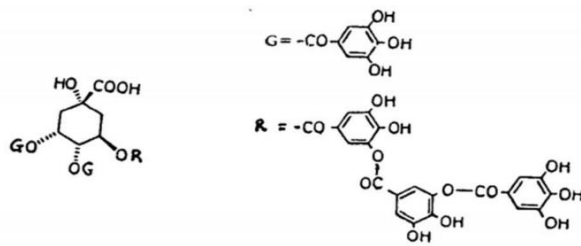


Figura 2-6: Estructura de Taninos de *Caesalpinia spinosa*.

(Alvarez y Lock, 1992; citado en Sias, 2018)

2.2.2.2 Taninos condensados

Este grupo de Taninos son caracterizados por ser polímeros de flavan-3-oles, estos compuestos al tolerar variados grados de condensación gracias a la hidrólisis se obtiene depósitos de amino, ácidos elágicos y azúcar normalmente este grupo administra antocianidinas y catequinas cuando estos se encuentran en un medio ácido diluido (Orellana, 2007; citado en Sias, 2018).

Según Isaza (2007 pág. 14) los Taninos condensados o denominados inicialmente leucoantocianinas, coexisten como oligómeros solubles que tienen de 2 a 6 núcleos fenólicos flavan-3-ol dentro de los cuales están catequina, epicatequina, epigalocatequina o epigalocatequina 3-O-galato considerados polímeros insolubles. Los avances reales y significativos en la ciencia de las proantocianidinas comenzaron en la década de 1960 a raíz de los trabajos pioneros de Klaus Weinges junto con su equipo de trabajo denominado Heidelberg fueron los primeros en aislar y caracterizar completamente las cuatro proantocianidinas dimétricas básicas las cuales son (B-1, B2, B-3, B-4) al igual que sus peracetatos.

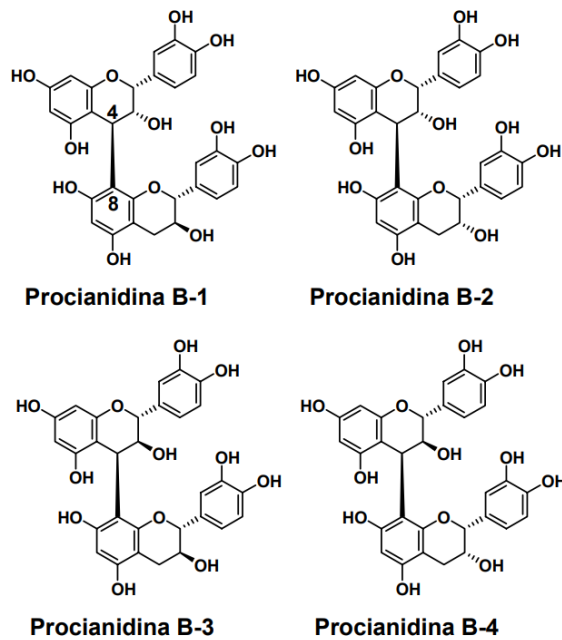


Figura 2-7: Estructura de la procianidina (B1, B2, B3, B4).

(Isaza, 2007)

2.2.2.3 Florotaninos

Este grupo se destaca por que son aislados desde varias especies de algas pardas de los géneros *Ecklonia*, *Palmaria*, *Sargassum*, *Carpophyllum*, *Nereocystis*, dentro de su estructura están compuestos por unidades de floroglucinol unidas por C-C o C-O. Este conjunto de mezclas se los denomina Florotaninos los cuales son representados mediante el esqueleto dibenzo-1,4-dioxina entre los que más destacan de este grupo están el flucofurectol, obtenidos de la especie *Eisenia arborea* la cual fue aislada de *Ecklonia cava* (Isaza, 2007 págs. 15-16).

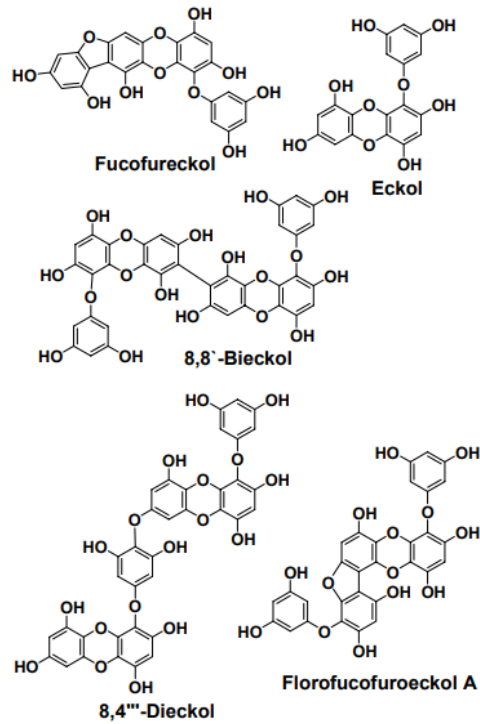


Figura 2-8: Estructura de los florotaninos.

(Isaza, 2007)

2.2.3 Usos de los Taninos

Dentro de los usos de los taninos los encontraremos en el área de la industria y el campo de la medicina de los cuales destacan:

Tanto el grupo de Taninos hidrolizables y condensados se usan para la industria de la curtiembre, gracias a su capacidad curtiente lo que ayuda en la resistencia del cuero al calor y a la abrasión (Sias, 2018 pág. 20).

Los taninos dentro de la industria son utilizados en el área de procesamiento de alimento como comidas y bebidas, se crean tintas, es usado para actividades antifungicas como inhibidores de crecimiento de microorganismos por su actividad antimicrobiana (Játiva, 2011 pág. 15).

Dentro de la medicina diferentes estudios le añaden propiedades beneficiosas a los taninos ya que tiene capacidad antioxidante, reducción del estrés, previene el envejecimiento celular, tiene la capacidad de cesar la multiplicación de células cancerígenas, también se han reportado propiedades antiinflamatorias, regulan los niveles de glucosa al promover el aumento en la captación de la misma célula (Gomes de Melo et al., 2010; citado en Montoya, 2021).

2.2.4 Propiedades de los Taninos

Dentro de sus propiedades podemos decir que son metabolitos secundarios que tiene una distribución amplia dentro del reino Plantae como las familias Leguminoseae, Rosaceae, Myrtaceae, Fagaceae, Melastomataceae, Polygonaceae y Rhyzophoraceae, las cuales se distinguen por una serie de propiedades (Isaza, 2007 pág. 13).

- a) Son solubles en agua.
- b) Su masa molecular varía entre 500 y 3000.
- c) Tanto su estructura como su carácter son polifenólicos (12-16 grupos fenólicos) por cada 100 unidades de masa molecular tiene de 5 a 7 anillos aromáticos.
- d) Son astringentes
- e) Dentro de sus características estructurales se destacan dos motivos estructurales mayores los cuales son los proantocianidinas o taninos condensados, los taninos hidrolizables y en baja categoría los florotaninos (Isaza, 2007 pág. 13).

2.3 Métodos de obtención de taninos

Dentro de los métodos de extracción para determinar la concentración de Taninos se hace a partir de la parte del árbol usada, existen diferentes formas para preparar la materia prima a usarse, en el caso de las vainas esos se someterá a una molienda reduciendo así el fruto a partículas pequeñas que tendrán un tamaño uniforme. (Guerrero, 2011; citado en Camacho, 2021)

2.3.1 Métodos de extracción

Existe una gran variedad de métodos de extracción de taninos en la figura 2-9 podemos observar un esquema en el cual se detalla los métodos de extracción más conocidos, entre los que más se destacan por su mayor uso son los de: extracción por maceración, extracción por calentamiento y la extracción por Soxhlet (Camacho, 2021 pág. 13).

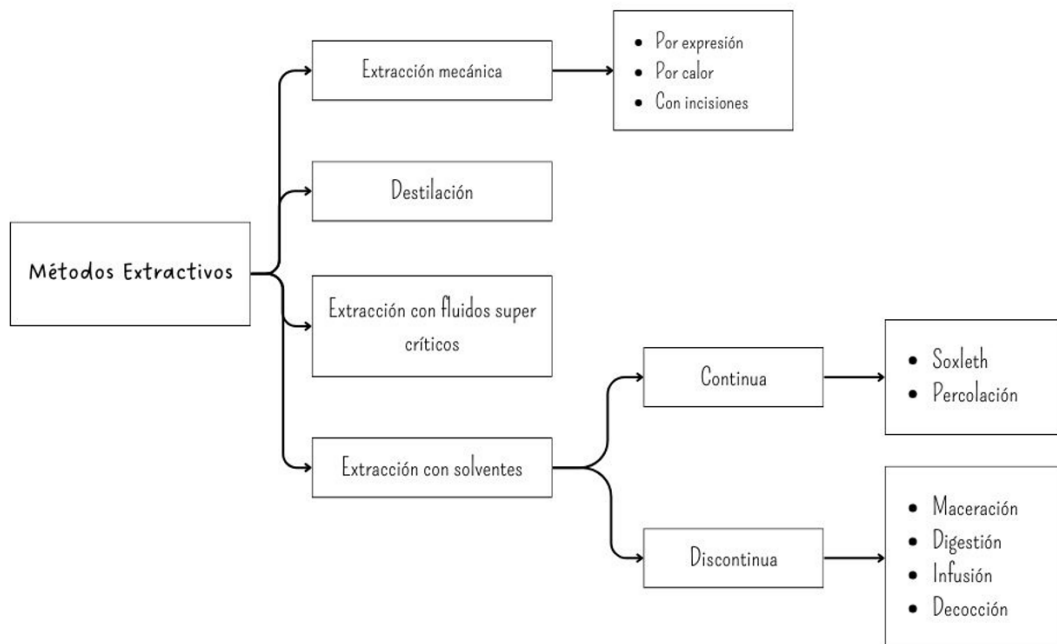


Figura 2-9: Clasificación de los métodos de obtención de extractos Tánicos.

(Cortez, 2012)

2.3.1.1 Extracción mecánica

Este tipo de extracción permite obtener los principios que están disueltos en los propios fluidos del material vegetal que a través de la extracción se denomina savia, esta extracción mecánica puede realizarse por extrusión en la cual el material vegetal se exprime al ejercer presión sobre esta; por calor o por incisión en la cual el exudado fluye a través de una incisión por las que fluyen los exudados vegetales (Cortez, 2012 pág. 15).

2.3.1.2 Destilación

Este metodo se basa en los diferentes y los distintos principios activos de la planta, este método permite distinguir entre aceites esenciales con componentes volátiles y otros aceites esenciales con baja o nula volatilidad. De esta manera se suelen hacer destilaciones entre las cuales destacan la destilación por arrastre de vapor o hidrodestilaciones. La destilación por arrastre de vapor se basa en colocar una muestra en un alambique que es una herramienta de destilación este método siempre constituida por una bomba tipo caldera donde se calientan las mezclas las cuales serán sometidas a una corriente con vapor saturado. El producto o esencia es arrastrado, después pasa

por un proceso de condensación, recoleta y es separada gracias a la densidad acuosa de la fracción (Valenzuela, 2022; citado en Cortez, 2012).

2.3.1.3 Destilación por fluidos supercríticos

La destilación por fluidos supercríticos se trata de una mezcla o elementos que se ha elevado de manera mecánica por encima del “Punto crítico”, mediante estas condiciones los fluidos que se elevan encima del punto crítico son capaces de disolverse y tienen una enorme capacidad de penetrar en los sólidos, de esta manera permite agotar de manera rápida y completa el precursor. Son capaces de consumir rápida y casi por completo el material que se usa en primera instancia, los gases más usados para estos procesos son el dióxido de carbono (CO₂) y el butano (C₄H₁₀) (Cortez, 2012 pág. 16).

En este proceso, el material se coloca en una cámara de acero inoxidable y el líquido supercrítico circula a través de la muestra, de esta manera el principio activo se disuelve y se transporta en el líquido este se separa mediante un cambio de presión o temperatura. De esta manera se obtiene como resultado un extracto y un disolvente que son reutilizables, a pesar de que este método suele ser ventajoso gracias a sus alta selectividad, alto rendimiento, baja contaminación y fácil eliminación de los gases de extracción el equipo a usar es sumamente costoso, usualmente el equipo se usa de manera comercial para la producción de cafés y te descafeinados o para el refinamiento de diversos productos naturales (Cortez, 2012 pág. 16).

2.3.1.4 Extracción con solventes

Este tipo de extracción consiste en la separación de los principios activos que tiene la planta al ponerla en contacto con un solvente o la mezcla de estos que será capaz de solubilizar estos principios cada uno de estos debe pasar primero a la planta y después al disolvente de esta manera se obtendrá un extracto líquido junto con un residuo. El uso de esta técnica frecuente más para la obtención de los principios activos, teniendo siempre en consideración ciertas características para que el proceso se lleve a cabo de manera correcta las cuales son: características del material vegetal hablando en términos de tamaño de partículas y secado, la temperatura a la que se realiza la agitación, que tan natural es el solvente, la relación que existe entre sólido – líquido, duración del tiempo de extracción y la renovación del solvente (Cortez, 2012 págs. 16-17).

Dentro del método de extracción con solventes se dividen en dos grupos de los cuales se mencionan:

2.3.1.4.1 Extracciones continuas

Dentro de este tipo de extracción el disolvente se renueva o recicla y solo afectara a la muestra de la planta en una sola dirección, este grupo de métodos garantizan que las concentraciones de los principios activos de las plantas conjunto con el disolvente este siempre en desequilibrio y se produzca la difusión celular. La utilización de estos métodos permite una extracción casi completa de las sustancias activas de la planta, dentro los métodos que abarca este grupo se encuentra el método de percolación, repercolacion y el más usado tenemos al método Soxlet que se describe a continuación (Cortez, 2012 pág. 17).

- Metodo soxhlet

Este método se realiza a través de un aparato Soxhlet, que consta de un refrigerante, un cuerpo de extracción y un cilindro de esta manera el disolvente hierve en el cilindro y sus vapores ascienden hasta el refrigerante, donde se condensan, el condensado cae sobre una muestra, normalmente una muestra contenida en un cartucho previamente introducido en el cuerpo de extracción y la palpa hasta que el cuerpo de extracción este lleno, a continuación, el extracto pasa a través de un tubo de material a un matraz de evaporación hasta que el cuerpo de extracción está lleno, todo ello fluye hacia el matraz de evaporación se debe tener en cuenta que este paso se repite en secuencia para recircular el disolvente y concentrar las sustancias activas en el vial inferior (Cortez, 2012 pág. 18).

2.3.1.4.2 Extracción discontinua

En la extracción discontinua para su procedimiento se sumerge todo el material vegetal en el disolvente y entra en contacto con él, lo que permite que los principios activos se difundan en todas direcciones hasta que se alcanza el equilibrio entre el disolvente y el residuo. Los métodos de maceración, digestión, infusión y decocción pertenecen a esta categoría, siendo el de maceración el más usado que a continuación se describe (Cortez, 2012 pág. 18).

- Método de maceración

La maceración simple o estática es por el cual materias primas de una finura específica contactan con un disolvente en recipientes o equipos cerrados. Cuando la materia prima de una finura específica se pone en contacto con el disolvente en recipientes o equipos cerrados y en una solución protegida de la luz solar, a temperatura ambiente y durante un período que puede variar en varias horas a varios días entre remojos para los cual se debe remover de vez en cuando de esta manera se estima que el principal inconveniente es que el proceso llega a ser lento (Cortez, 2012 pág. 19).

De esta manera se estima que se debe separar el extracto del residuo a través de un colado o prensado, se lavara el producto con el líquido de extracción y ambos líquidos se utilizaran en el contenido de masa establecido con antelación (Guerra, 2005; citado en Camacho, 2021).

La maceración depende de factores relacionados con el material vegetal, como las propiedades del material vegetal y sus ingredientes activos, el tamaño de las partículas, el contenido de humedad y factores relacionados con los disolventes. La desventaja del proceso de maceración es que no es posible extraer completamente la materia prima, normalmente se lleva a cabo una maceración adicional con tortas de filtro para mejorar la eficacia de la extracción (Cortez, 2012 pág. 20).

2.3.1.5 *Métodos de cuantificación de Taninos*

Según (Cabello, 2010; citado en Camacho, 2021) se describen de manera rapida algunos metodos usados para cuantificar la concentración de taninos, de los cuales el método de Lowenthal es el más usado gracias a la facilidad de ponerlo en práctica en laboratorio que no tiene mucha equipacion (pág. 14).

a) Método de Folin

Este método espectrofotométrico se basa en la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin (tungsto-fosfomolibdato, carbonato sódico), que produce un complejo azul cuya absorbancia se mide a 700 nm para determinar el contenido fenólico total; a continuación, se utiliza una solución de gelatina para ligar los taninos, y la diferencia entre

las dos determinaciones da el porcentaje de taninos expresado como ácido tánico (Cabello, 2010; citado en Camacho, 2021).

b) Método de polvo de piel

Se trata de un método espectrofotométrico con dos determinaciones: polifenoles totales y polifenoles no absorbidos del polvo de piel utilizando el reactivo o fosfomolibdowolfrámico disuelto en solución de carbonato sódico (Na_2CO_3). La sustancia de referencia es el pirogalol y la absorbancia se mide a 760 nm, se debe tomar en cuenta que el porcentaje de taninos se expresa como pirogalol (Cabello, 2010; citado en Camacho, 2021).

c) Método de Lowenthal

Se trata de un método cuantitativo, también conocido como método volumétrico, que se utiliza desde 1903 en la estación científica de Long Ashton y en los años ochenta para sellar las barricas de sidra. El método se basa en la oxidación de fenoles en una solución de permanganato potásico con índigo carmín, que actúa como indicador y regulador de la oxidación de índigo, que actúa como indicador y regulador de la reacción; dado que el ácido gálico y otros compuestos presentes se oxidan del mismo modo que el tanino, es necesario realizar una segunda valoración tras la separación del tanino. El tanino se calcula por diferencia en el caso de los taninos, el contenido en tanino se expresa como ácido tánico (García y Jarquín, 2015; citado en Camacho, 2021).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describen las características geográficas del área de estudio correspondiente al cantón Guano, posteriormente se especifican los materiales y la metodología empleada para el cumplimiento de cada uno de los objetivos establecidos en este proyecto de investigación.

3.1 Nivel de investigación

El presente estudio tiene un nivel de investigación exploratorio descriptivo el cual nos permitirá recoger información sobre cada una de las variables estudiadas en la investigación

3.2 Tipo de estudio

Este trabajo investigativo es de tipo experimental, ya que de esta manera se aplicarán procesos para la determinación del contenido de Taninos y su variación o no por pisos altitudinales

3.3 Delimitación de la zona

Para la determinación del contenidos de Taninos se establecieron las zonas de estudio en base a los pisos altitudinales existentes en el lugar mediante un mapeo cartográfico, en donde se logró establecer 4 lugares relacionados con el cultivo de Guarango. De esta manera se consideró que el área de estudio abarca las parroquias de Guanando, La Providencia, Tutupala y la parte baja de San Isidro de Patulú perteneciente al Cantón Guano dentro de a la provincia de Chimborazo.

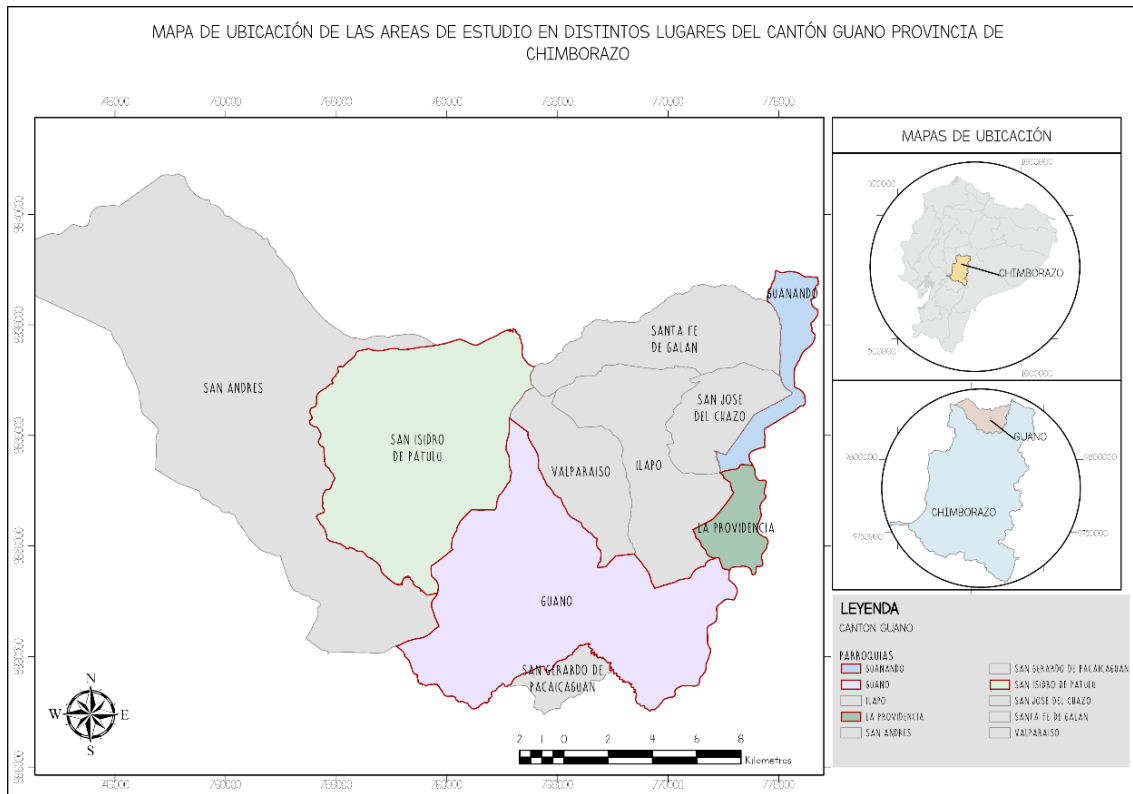


Figura 3-10: Mapa de ubicación de las áreas de estudio.

Fuente: Elaborado por el autor

3.4 Caracterización del lugar

La presente investigación se llevó a cabo en las parroquias Guanando, La Providencia, Tutupala y la parte baja de San Isidro de Patulu perteneciente al Cantón Guano dentro de a la provincia de Chimborazo.

La parte experimental de la presente investigación se llevó a cabo dentro de los Laboratorios de Biotecnología y Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

3.4.1 Características climáticas

El cantón Guano ubicado al norte de la provincia de Chimborazo posee un clima templado con una característica de valle interandino, dentro de las parroquias de Cantón Guano se puede reconocer 4 tipos de climas los cuales son:

Tabla 3-2: Pisos climáticos de Guano

TIPO DE CLIMA	CARACTERÍSTICAS
Ecuatorial de alta montaña	Este tipo de clima es el que prevalece en el cantón Guano, en las montañas la temperatura tiende a disminuir con la altitud y de esta manera existe un aumento en las precipitaciones con un valor mayor a los 750 mm.
Ecuatorial meso térmico semi - húmedo	Este tipo de clima se encuentra sobre los 3000m de altura, tiene dos estaciones lluviosas que oscilan entre los meses de febrero - mayo y octubre – noviembre.
Ecuatorial meso térmico seco	Este tipo de clima es representativo del fondo de los valles, su temperatura y vegetación son similares a las del clima semi – húmedo, presenta una precipitación inferior a los 550 mm.

Fuente: (GADM del Cantón Guano, 2014; citado en Cabrera, 2018)

3.4.2 Características ecológicas

El cantón Guano presenta suelos de poca profundidad, este se caracteriza por tener un suelo franco arenoso, arenosos, areno fracosos, franco arcilloso, franco limoso y otros, dentro del cual predomina el suelo franco arenoso con un 58,16% (GAD Chimborazo, 2020; citados en Montalván, 2022).

Zona de vida: Bosque seco andino, considerado un ecosistema frágil, que se desarrollan en condiciones climáticas extremas, la existencia de este tipo de bosque se da gracias a la presencia de la corriente fría de Humboldt y a la Cordillera de los Andes (Aguirre Mendoza y MAE,2012; citado en Marca et al., 2021).

3.5 Materiales y métodos

3.5.1 Materiales y equipos

3.5.1.1 Campo

Fundas plásticas, fundas ziploc, etiquetas, GPS Garmin, libreta, lapiceros, cinta transparente, cámara fotográfica, repelente antimosquitos.

3.5.1.2 Laboratorio

Los materiales usados en la fase de laboratorio fueron los siguientes:

Agitador magnético	Malla de Asbesto	Pipeta graduada de 1 mL
Agua destilada	Matraz de aforo de 100 mL	Pipeta graduada de 10 mL
Balanza analítica	Matraz de aforo de 250 mL	Pipeta graduada de 25mL
Balón de aforo 250 mL	Matraz Erlenmeyer de 250 mL	Probeta de 50 mL
Bureta graduada	Mortero con pistilo	Refrigeradora
Cedazo	Papel filtro	Soporte universal
Embudos	Parafilm	Termómetro
Espátula	Peachímetro	Varilla de agitación
Estufa	Peras de succión	Vasos para precipitación

3.5.1.3 Reactivos

Los reactivos que se usaron en el laboratorio son los siguientes: Agua destilada, (IC) Índigo carmín (índigo tindisulfonato de sodio) el cual será usado como indicador, permanganato de potasio (KMnO_4) y ácido sulfúrico (H_2SO_4).

3.5.1.4 Oficina

Para la presente investigación se utilizaron los siguiente materiales: libreta, computador, cámara fotográfica e internet.

3.5.2 Metodología

3.5.2.1 Metodología para Determinar la concentración de Taninos en la harina de vaina de Guarango.

Para poder determinar el primer objetivo específico de nuestra investigación se realizó lo siguiente:

Recolección de los frutos (vainas) de Guarango.

Para llevar a cabo esta actividad se identificaron a los recolectores y productores de Guarango (*Caesalpinia spinosa*) en el Cantón Guano, se recolectaron 4 muestras de vainas de Guarango, durante los meses de octubre y noviembre del 2023, en los alrededores de los domicilios de los productores y recolectores de Guarango, teniendo precaución en que las muestras recolectadas estén completamente maduras, no se deben recoger del suelo, deben estar limpias sin objetos extraños para que no exista contaminación o alteración en su posterior análisis.

Las vainas de Guarango fueron recolectadas en fundas plásticas con su respectiva etiqueta, posteriormente fueron almacenadas en un lugar fresco y seco en donde no exista variación de temperatura evitando así el daño de las muestras.

Se debe hacer énfasis en que cada muestra se recolecto en un rango entre de los 2400 m s. n. m hasta los 3200 m s. n. m, de esta manera cada muestra se recolecto cada 200m dentro del rango propuesto para representar a la población de plantas por piso altitudinal, esta actividad se implementó para poder recolectar una muestra con mayor representatividad por piso altitudinal.

Obtención de la harina de la vaina de guarango.

En esta etapa se tomó en cuenta la metodología usada por Játiva (2011 págs. 26-27) con algunas modificaciones para nuestro trabajo; de esta manera:

Se seleccionaron las vainas de guarango retirando los residuos extraños de las vainas sean estos polvos, pequeñas partículas sólidas, pelusas entre otros, una vez terminada la selección se procede a colocar las vainas en fundas herméticas con su etiquetado para evitar alguna contaminación de las muestras o que absorban humedad.

Para la obtención de la harina de vaina de Guarango se procedió a separar: el polvo, la fibra y las semillas de esta, de esta manera se procede a realizar la molienda con un mortero y pistilo finalmente se filtró con ayuda de un cedazo artesanal.

La harina fue colocada en fundas herméticas y posteriormente almacenadas en un lugar fresco y seco sin exposición a la luz, para evitar que no tuvieran alteración por algún factor ambiental. En la figura 3-11 se puede observar las vainas de Guarango como materia prima y la harina como un subproducto de este.



Figura 3-11: Vainas y Harina de vaina de Guarango

Fuente: El Autor

Elaboración de los extractos acuosos a partir de la harina de Guarango.

Para realizar esta actividad se seleccionó el método de extracción de Taninos aplicado por Camacho (2021 pág. 18) con algunas modificaciones hacia nuestro trabajo de investigación y luego se aplicaron los procedimientos que se describen a continuación:

- Extracto acuoso por calentamiento

Para la elaboración de este extracto se pesa 1 gr de la harina de Guarango, se colocó en un matraz y se adiciona 175 mL de agua destilada, después de esto se procede a colocar las muestras en un agitador con temperatura omitiendo la agitación y haciendo que las muestras entre en una temperatura de $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 10 minutos. Al finalizar este procedimiento se filtró la mezcla usando un embudo y papel filtro, el extracto obtenido se colocó en un matraz y se aforo a 250 mL, finalmente se sellaron las muestras con parafilm y se llevó a refrigeración.

Cuantificación de taninos mediante el método de Lowenthal o método volumétrico.

En base a la revisión de literatura se establecen diferentes actividades para la cuantificación de Taninos las cuales se describen a continuación:

- Preparación de soluciones con diferentes concentraciones

Para la preparación de la solución de permanganato de potasio al 0,025 N, se coloca 9,92 mL de KMnO_4 , después se coloca en un matraz aforando con 100 mL de agua destilada, posteriormente se preparó la solución (IC) para el cual se tomó 33,33 mL de Índigo Carmín, se colocó en un matraz de aforo añadiendo 17 mL de agua destilada, seguido de esto se adiciono 5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) más 45 mL de agua destilada.

- Valoración del extracto de Guarango

Para realizar esta actividad se tomó la metodología usada por Camacho (2021 pág. 20) realizando algunas modificaciones, de esta manera se colocó 2 mL del extracto elaborado en un matraz de 250 mL, se agrega 5 mL de IC más 100 ml de agua destilada se procede a realizar la homogeneización de la solución usando un agitador magnético a 200 rpm por un lapso de 10 minutos. Para realizar la titulación de la muestra se colocó en una bureta graduada la solución de permanganato de potasio y se tituló hasta que la coloración azul cambie a un verde claro, después se siguió titulando hasta obtener un cambio de color de verde claro a amarillo finalmente se registra el gasto que se obtuvo de permanganato de potasio en mililitros.

- Análisis cualitativo de los Taninos

Para el análisis cualitativo se tomó la metodología usado por Hoyo (2014 pág. 40) y en cada una de las muestras de cada tratamiento se realizó la reacción con el cloruro férrico (FeCl_3) el cual consistió en los siguiente:

Se colocaron 5 mL del extracto de Guarango en una tapa de una caja Petri de esta manera se le añadir gota a gota la solución preparada de cloruro férrico al 10% hasta que se muestre un color verde oscuro en el extracto usado.

Determinación de la concentración del contenido de taninos mediante el método volumétrico.

- Análisis cuantitativo de los Taninos

Para determinar la concentración de los Taninos se usó el procedimiento de (Alnicolsa, 2007)) el cual se basa en el método cuantitativo que fue adaptado del método de la A.O.A.C. Edición 14-1984 con algunas modificaciones respecto a nuestro trabajo de investigación, el cual se basa en el gasto neto de KMnO_4 que fue vertido en la titulación de la muestra con el extracto. De esta manera según (Hart y Fisher, 1984; citados en Hoyos, 2014) para realizar la valoración de gramos de taninos presentes en los extractos nos basamos en la siguiente relación:

$$1 \text{ mL de permanganato de potasio al } 0,1 \text{ N} = 0,0042 \text{ gr de taninos}$$

Posterior mente se realizan los cálculos correspondientes para la determinación en g del contenido de taninos por mililitro de permanganato de potasio para esto se debe multiplicar los gramos que están presentes en la concentración (0,025 N) por el volumen gastado de KMnO_4 gastado en la titulación; seguido a esto se multiplico por el volumen elaborado de extracto (250 ml) y por 100, cada uno de estos cálculos se mostrara en la sección de Anexos.

3.5.2.2 Metodología para analizar la variación del contenido de Taninos en función de factores ambientales y de cultivo.

Para poder determinar el segundo objetivo específico de nuestra investigación se realizó lo siguiente:

Se realizó un análisis estadístico en el programa InfoStat con el fin de poder determinar si existe una correlación entre la variación del contenidos de taninos en función de los pisos altitudinales en el que se encuentran ubicados.

Para este análisis se requiere que cada grupo, en este caso por muestras recolectada, cuente con al menos 3 repeticiones por muestra, para este procedimiento se realizó un Análisis de varianza simple para la concentración de taninos para los 4 rangos de piso altitudinal en estudio con la ayuda de un F-test de nuestra tabla ANOVA se determinara si hay diferencias significativas en las medias de cada una de nuestras muestras.

Con nuestra tabla ANOVA se pretende medir si existe un efecto significativo entre el contenidos de taninos por piso altitudinal para lo cual se evaluará con un 95% de confianza y un 5% de error, posteriormente se usó el método comparativo de medias (Turkey) permitiéndonos observar si existen diferencias de resultados entre las diferentes repeticiones el cual los asociara o no entre tres o más grupos que contendrán características similares.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación fueron los siguientes:

4.1 Determinar la concentración de Taninos en harina de la vaina del Guarango.

4.1.1 Delimitación de la zona

En la figura 4-12 se identifican los puntos de muestreo en donde fueron recolectadas cada una de las muestras de las vainas de guarango para nuestro estudio.

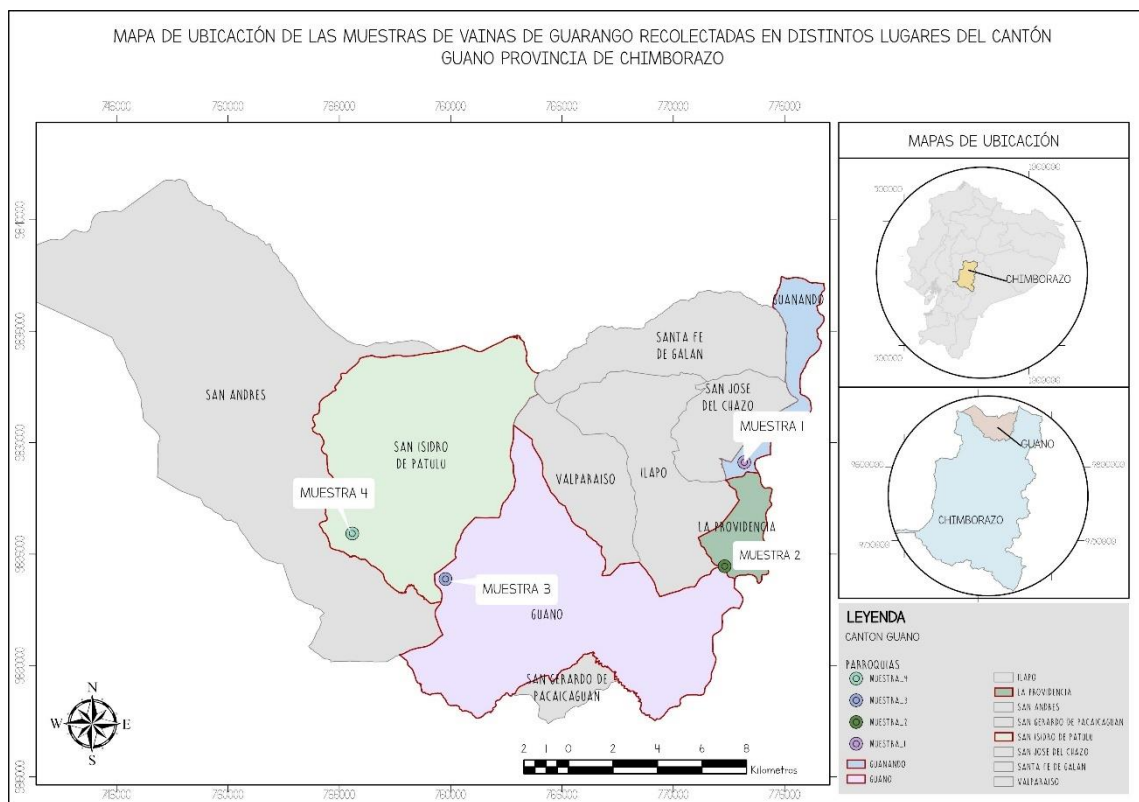


Figura 4-12: Mapa de ubicación de las muestras recolectadas de las vainas de Guarango en el Cantón Guano.

Fuente: El autor

Para determinar el contenido de Taninos por pisos altitudinales se estableció 4 lugares relacionados con el cultivo de Guarango mediante un mapeo cartográfico, se determinó como área

de estudio las parroquias de Guanando, La Providencia, Tutupala y la parte baja de San Isidro de Patulú perteneciente al Cantón Guano dentro de la provincia de Chimborazo.

Tabla 4-3: Tabla de coordenadas de los cuatro lugares

PUNTO	Coordenadas X	Coordenadas Y
1	773186	9829120
2	768209	9820366
3	758898	9824221
4	752184	9822277

Fuente: El autor

4.1.2 *Recolección de los frutos (vainas) de Guarango.*

Los frutos de *Caesalpinia spinosa* fueron recolectados de los árboles provenientes de las parroquias en estudio, para la recolección de cada una de las vainas se tomó en cuenta que cada una de ellas presenten cierta homogeneidad en color, madurez, tamaño y estado fitosanitario de cada una de las vainas, tal como se observa en la figura 4-13.



Figura 4-13: Frutos de Guarango recolectados.

Fuente: El Autor

4.1.2.1 *Preparación de las muestras de harina de vainas de Guarango.*

Una vez recolectadas y etiquetadas por piso altitudinal las muestras de vainas de Guarango se realizó la molienda y tamizado de las mismas, obteniéndose así alrededor de 200gr de harina de

vaina de Guarango por localidad la cual se ocupó para realizar el extracto para los procesos posteriores.

4.1.2.2 *Elaboración de los extractos acuosos mediante el uso de la Harina de vaina de Guarango.*

Como se mencionó en el capítulo anterior esta actividad se realizó en base a la metodología, para la realización del extracto acuoso por calentamiento, en la figura 4-14 se pueden observar los extractos elaborados a partir de la harina de guarango obtenidas de cada muestra de los pisos altitudinales en estudio, observando así que en cada una de las muestras existe una variación en la tonalidad del extracto.



Figura 2-14: Extractos acuosos por calentamiento.

Fuente: El Autor

Evaluación del color, olor y pH de las muestras en cada extracto de Guarango.

Al realizar el análisis cualitativo de las muestras de los extractos en estudio, se determinó que el color según la tabla de Munsell ubica a las muestras en 2 tonalidades en el matiz 5Y, con una claridad de 8 y una pureza de 4 (5Y 8/4) y la otra tonalidad de 5Y 8/3.

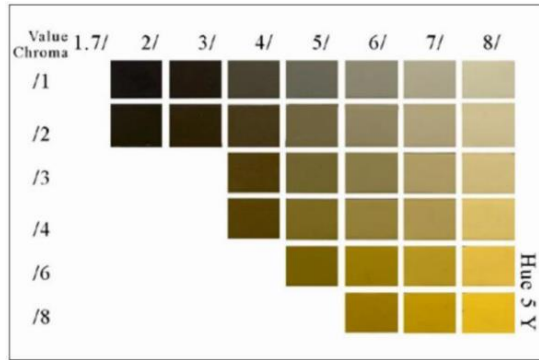


Figura 4-15: Tabla de Munsell

Fuente: (Castro, 2017 pág. 22)

Se realizó un análisis cualitativo para analizar las características como el color y el olor de cada una de las muestras de los extractos obtenidos, nos basamos en el resultado de la Tabla 4-4 en la cual mediante la observación se nos presenta una coloración en tonos amarillos, gracias a la coloración que tiene la harina a pesar de que esta fue mezclada con agua destilada y sometida al calor no se evidencia cambios en la tonalidad de las muestras.

En caso del olor de estas muestra en base al análisis cualitativo podemos mencionar que tiene un olor astringente.

Los resultados obtenidos tienen relación con lo dicho por (Brinceño, 2012) el cual menciona que la harina de vainas de guarango presenta una coloración que va en tonalidades amarillas claras. De esta manera (Cabello, 2010) menciona presentan una coloración beige claro, las cuales presentan un olor característico a harina.

Tabla 1-4: Resultados obtenidos a partir de la evaluación del color y olor de los extractos.

METODO DE EXTRACCIÓN	MUESTRA	COLOR	OLOR
Por calentamiento	1	Amarillo claro	Característico
	2	Beige claro	Característico
	3	Beige claro	Característico
	4	Amarillo claro	Característico

Fuente: El Autor

Para la determinación del pH de las muestras del extracto acuoso por calentamiento elaborados a partir de la harina de *Caesalpinia spinosa* podemos observar en la Tabla 4-5 que los valores obtenidos se encuentran en el rango de moderada y ligeramente ácido esto puede deberse a la metodología usada para la elaboración del extracto, esto se relaciona con lo mencionado por (Cortez, 2012) la cual determino el pH del extracto acuoso es decir la harina disuelta en agua destilada sometida a calor en la cual sus valores varían entre (3,21 a 3,02).

Tabla 4-5: Valores obtenidos en la determinación del pH del extracto acuoso por calentamiento.

METODO DE EXTRACCIÓN	MUESTRA	REP 1	REP 2	REP 3	PROMEDIO
Por calentamiento	1	3,11	3,11	3,11	3,11
	2	3,17	3,17	3,17	3,17
	3	3,22	3,22	3,22	3,22
	4	3,16	3,16	3,16	3,16

Fuente: El Autor

4.1.2.3 Cuantificación de taninos mediante el método de Lowenthal o método volumétrico.

- Valoración del extracto de Guarango.

Para la valoración del extracto acuoso por calentamiento se basó en el volumen gastado de permanganato de potasio (KMnO_4) en cada una de las muestras realizando 3 repeticiones en cada una como nos muestra la Tabla 4-6.

Tabla 4-6: Volumen de KMnO_4 gastado en el extracto acuoso por calentamiento.

SOLUCION	EXTRACTO	MUESTRA (pisos altitudinales)	REPETICION	GASTO KMnO_4 (ml)	GASTO PROMEDIO KMnO_4 (ml)
0,025 N	Por calentamiento	1 (3001-3200)	1	1,7	1,47
		1 (3001-3200)	2	1,5	
		1 (3001-3200)	3	1,2	
0,025 N	Por calentamiento	2 (2801-3000)	1	1,7	1,57
		2 (2801-3000)	2	1,2	

		2 (2801-3000)	3	1,8	
0,025 N	Por	3 (2601-2800)	1	1,6	
	calentamiento	3 (2601-2800)	2	1,9	1,60
		3 (2601-2800)	3	1,3	
0,025 N	Por	4 (2400-2600)	1	1,5	
	calentamiento	4 (2400-2600)	2	1,3	1,50
		4 (2400-2600)	3	1,7	

Fuente: El Autor

De esta manera en la figura 4-16 se evidencia el viraje obtenido en la titulación llevada a cabo en cada extracto, en el que se obtiene un cambio de tonalidad de azul a verde claro y de verde claro a amarillo evidenciando así que existen taninos en cada una de las muestras.



Figura 4-16: Viraje en la valoración del extracto acuoso de Guarango.

Fuente: El Autor

Como se puede observar en la Tabla 4-6, existen un mayor gasto de permanganato de potasio en las muestras 2, 3 y 4 las cuales se encuentran entre los rangos altitudinales de (2400-2600), (2601-2800) y (2801-3000) esta tendencia era predecible, ya que la especie en estudios presenta su óptima adaptación entre los 1400 y 2800 ms.n.m. Además, basándonos en los resultados registrados en la tabla, no se observan grandes diferencias volumétricas en el gasto de KMnO_4 .

- Análisis cualitativo de los Taninos

Para determinar el análisis cualitativo para el reconocimiento de taninos se uso una prueba de colorimetría la cual consistió en adición de sustancias a las muestras en estudio como se puede observar en la Tabla 4-7, de acuerdo con la coloración que estas adquirieron se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4-7: Pruebas colorimétricas para Taninos.

REACTIVO	TIPO DE TANINO	COLORACIÓN
Cloruro férrico (FeCl₃)	Galo y Elagitaninos	Azul-negro
	Taninos condensados catecol	Verde oscuro grisáceo
Ácido clorhídrico (HCl)	Flobafenos rojos	Rojo vino

Fuente: (Flores, 2020)

Los resultados obtenidos para la prueba de cloruro férrico FeCl₃, según el color obtenido (verde oscuro grisáceo) determina la presencia de Taninos de tipo condensado o también conocidos como Catecol, este análisis se lo realizó con el extracto acuoso de cada muestra y un testigo para diferenciar colores, este resultado se relaciona con lo que dijo (Flores, 2020) en la que al realizar la prueba de colorimetría con el uso de FeCl₃ se obtuvo un tipo de taninos condensado ya que presento una coloración verde grisácea.

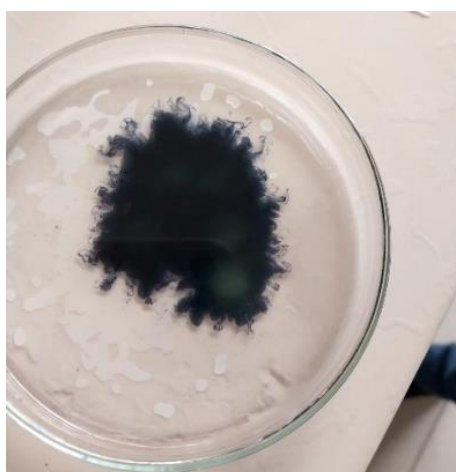


Figura 4-17: Prueba de Cloruro férrico FeCl₃

Fuente: El Autor

- Análisis cuantitativo de taninos para la determinación del contenido de taninos mediante el método volumétrico.

Como podemos evidenciar en la Tabla 4-8, se muestra el porcentaje de taninos de las 4 muestras en estudio, de esta manera se puede evidenciar que existe un mayor porcentaje de taninos en la muestra 3 que está en el rango altitudinal de (2601-2800) m con un 42% de Tanino, seguido de la muestra 2 con un 41,13 %, la muestra 4 con un 40,25 % y finalmente con la muestra 1 con un 37,13% de Taninos.

Tabla 4-8: Resultados de la cuantificación de contenidos por el método volumétrico.

CONCENTRACIÓN KMnO ₄	MÉTODO DE EXTRACCIÓN	MUESTRA (pisos altitudinales)	REP	%TANINOS	PROMEDIO
0,025 N	Por calentamiento	1 (3001-3200)	1	44,63	37,13
		1 (3001-3200)	2	36,75	
		1 (3001-3200)	3	31,50	
0,025 N	Por calentamiento	2 (2801-3000)	1	44,63	41,13
		2 (2801-3000)	2	31,50	
		2 (2801-3000)	3	47,25	
0,025 N	Por calentamiento	3 (2601-2800)	1	42,00	42,00
		3 (2601-2800)	2	49,88	
		3 (2601-2800)	3	34,13	
0,025 N	Por calentamiento	4 (2400-2600)	1	39,38	40,25
		4 (2400-2600)	2	36,75	
		4 (2400-2600)	3	44,63	

Fuente: El Autor

En base a los resultados se determina que existe diferencias entre los porcentajes obtenidos de taninos de las muestras de cada piso altitudinal, esto se debe a las características climáticas y de suelo que existen en cada piso estudiado, es por esto que en la muestra 1 existe menos contenido de Tanino ya que según lo que menciona (Cabrera, 2018) a mayor altitud menos oxígeno tiene la especie para poder adaptarse al lugar, la temperatura tiende a disminuir con la altitud y de esta manera existe un aumento en las precipitaciones dificultando la adaptabilidad de la especie por sus condiciones climáticas.

La literatura revisada en relación a los resultados obtenidos concuerdan con lo que dice (Arguello, y otros, 2017) quien indica que para este lugar el rango de contenido de taninos en la harina de vaina de guarango se encuentra entre un 40 a 60 %, mientras que (FONAG, 2006) menciona que la *Caesalpinia spinosa* presenta un alto contenido de taninos en sus vainas que varía entre un 40 y 53%, por lo que nuestros resultados entran en este rango.

4.2 Analizar la variación del contenido de Taninos en función de factores ambientales y de cultivo.

Como podemos evidenciar en base a los resultados del análisis estadístico que se usó para determinar si existe una variación en el contenido de Taninos en los pisos altitudinales en función de factores ambientales y de cultivo.

Tabla 4-9: Agrupación de datos de Guarango en función del contenido de Tanino.

TRATA- MIENTO	SOLUCION	REP	GASTO NETO KMnO4	PH	%TANINOS	COLOR
1	0,025	1	1,7	3,11	44,63	Naranja Rojizo
1	0,025	2	1,5	3,11	36,75	Naranja Rojizo
1	0,025	3	1,2	3,11	31,50	Naranja Rojizo
2	0,025	1	1,7	3,17	44,63	Naranja Rojizo
2	0,025	2	1,2	3,17	31,50	Naranja Rojizo
2	0,025	3	1,8	3,17	47,25	Naranja Rojizo
3	0,025	1	1,6	3,22	42,00	Naranja Rojizo

3	0,025	2	1,9	3,22	49,88	Naranja Rojizo
3	0,025	3	1,3	3,22	34,13	Naranja Rojizo
4	0,025	1	1,5	3,16	39,38	Naranja Rojizo
4	0,025	2	1,3	3,16	36,75	Naranja Rojizo
4	0,025	3	1,7	3,16	44,63	Naranja Rojizo

Fuente: El Autor

Como se observa en la Tabla 4-9 se registran 4 tratamientos los cuales se determinaron en base a los 4 lugares en estudio en referencia a los rangos altitudinales en estudio, el análisis estadístico realizado en el programa InfoStat el cual determino que no existen diferencias estadísticas significativas entre el contenido de Taninos por pisos altitudinales.

En el análisis estadístico se forma solo 1 grupo denominado “A”, lo cual se evidencia que no existe diferencia estadísticamente significativa ya que las medias con una letra común no son significativamente diferentes.

La tabla ANOVA evidenció que no hay diferencias estadísticamente significativas en las medias del contenido de taninos de los 4 pisos altitudinales en estudio, podemos observar en la Figura 17 que se realizó la prueba de Tukey usando un nivel de confianza del 95% y un alfa de 0,5 donde se muestra que la diferencia mínima significativa (DMS) es de 18,16 ubicando cada tratamiento en un mismo grupo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%TANINOS	12	0,08	0,00	17,2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,17	3	10,72	0,22	0,8783
TRATAMIENTO	32,17	3	10,72	0,22	0,8783
Error	386,02	8	48,25		
Total	418,19	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=18,16271

Error: 48,2519 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3	42,00	3	4,01	A
2	41,13	3	4,01	A
4	40,25	3	4,01	A
1	37,63	3	4,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 4-18: Análisis estadístico en el programa InfoStat.

Fuente: El Autor

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos revelaron variaciones significativas en el porcentaje de taninos entre las muestras analizadas, las cuales corresponden a diferentes rangos altitudinales. En particular, la muestra 3, ubicada en el rango altitudinal de (2601-2800) m, exhibió el mayor contenido de taninos, alcanzando un 42%. Le sigue la muestra 2 con un 41,13%, la muestra 4 con un 40,25% y, finalmente, la muestra 1 con un 37,13% de taninos. Estos resultados proporcionan información valiosa sobre la distribución de taninos en función de la altitud, destacando la relevancia de la ubicación geográfica en la composición química de los extractos analizados.
- Al abordar la variabilidad del contenido de Taninos en respuesta a factores ambientales y de cultivo, se ejecutó un análisis estadístico utilizando el programa InfoStat. Los resultados del análisis estadístico indicaron que no se observan diferencias estadísticamente significativas en el contenido de Taninos en relación con los distintos pisos altitudinales. Esta conclusión se fundamenta en la rigurosidad del análisis estadístico realizado, lo cual consolida la evidencia de que la altitud no incide de manera significativa en las variaciones observadas en el porcentaje de Taninos en las muestras analizadas.

RECOMENDACIONES

- En base a la investigación realizada se sugiere llevar a cabo un programa de reforestación focalizado de esta especie en el cantón Guano. Esta iniciativa busca no solo preservar la biodiversidad local, sino también ofrecer una alternativa agroproductiva y económica significativa para los productores y recolectores asociados para Organización Heifer. La reforestación estratégica no solo contribuirá a la sostenibilidad del ecosistema, sino que también promoverá el desarrollo económico local, a través, de la gestión sostenible de esta especie con propiedades destacadas.

- Complementar la investigación sobre la harina de Guarango mediante la implementación de un método de extracción y purificación de taninos más específico, empleando técnicas avanzadas, como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), que permitan una separación y cuantificación precisa de los diferentes tipos de taninos presentes.

GLOSARIO

Ácido fenólico: Son un grupo muy diverso de metabolitos secundarios que se caracterizan por poseer uno o más grupos hidroxilo (-oh), de reacción ácida, unidos a un anillo aromático (grupo fenol) (Viña, 2013 pág. 1).

Ácido gálico: Es un compuesto fenólico que se encuentra en diversas fuentes naturales como plantas, frutas y verduras. A éste, se le atribuyen diversos efectos biológicos como actividad antiinflamatoria, antibiótica, protección cardiovascular, anticancerígena y antioxidante (Salas et al., 2013 pág. 1).

Ácido tánico: Es un polifenol de la familia de los taninos, que ha sido tradicionalmente usado en la industria textil, aunque diversos estudios recientes lo postulan como un agente antitumoral y antioxidante de gran relevancia (Santaella y Ureña, 2017 pág. 48).

Curtiembre: Consiste en la transformación de la piel animal en cuero. Las pieles luego de ser limpiadas de sus grasas, carnazas y pelos o lanas son sometidas a la acción de diferentes agentes químicos que interaccionan con las fibras de colágeno para obtener un cuero estable y durable. En el proceso de curtido de cuero se emplean fundamentalmente dos métodos: uno en base a sales de cromo y otro de agentes vegetales (MINSALUD, 2020 pág. 3)

Extracto: Mezcla compleja, con multitud de compuestos químicos, obtenible por procesos físicos, químicos y/o microbiológicos a partir de una fuente natural y utilizable en cualquier campo de la tecnología (Pardo, 2022 pág. 2)

Hidrocoloides o gomas: Son polisacáridos de alto peso molecular, aniónicos o neutrales, asociados con cationes metálicos como calcio, potasio o magnesio, tienen un amplio campo de aplicación en la industria alimentaria como estabilizantes, emulsionantes o espesantes (Siccha, y Lock, 1992 págs. 171-172)

Tanino: El término se acuñó históricamente por el uso empírico que se daba a algunos extractos vegetales para el proceso de tanaje o conversión de las pieles de animales en cuero desde hace más de cien años, este proceso se conoce como curtiembre (tanning), con lo cual se popularizó y estableció el uso del término “tanino” en la literatura científica (Isaza, 2007 pág. 1)

BIBLIOGRAFÍA

1. **Aguirre, Zhofre. 2012.** Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. Finlandia. Quito, Ecuador : MAE/FAO, 2012, pág. 65.
2. **Alnicolsa. 2007.** <https://taninos.tripod.com>. [En línea] 09 de Marzo de 2007. [Citado el: 12 de Noviembre de 2023.] <https://taninos.tripod.com/metodologiataninos.htm>.
3. **Arguello, Stalin y Saltos, Wilson. 2017.** El guarango en el cantón guano de la provincia de Chimborazo-Ecuador. 2017, Vols. vol. 20, núm. 1, pág. 43.
4. **Brinceño, Yannina. 2012.** *Determinación del grado etanólico óptimo para la extracción de taninos en el fruto de Caesalpinia spinosa «tara»*. Trujillo-Perú : dspace.unitru.edu.pe, 2012. pág. 11.
5. **Cabello, Isabel. 2010.** epositorio.promperu.gob.p. [En línea] 30 de Junio de 2010. [Citado el: 26 de Enero de 2024.] <https://repositorio.promperu.gob.pe/server/api/core/bitstreams/a068f8f9-a0a1-40b0-9713-90b6c4587bbd/content>.
6. **Cabrera, Lizbeth. 2018.** “*DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD HÍDRICA DEL RÍO GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN CANTIDAD Y CALIDAD Y SU DISPONIBILIDAD FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO*”. Riobamba : dspace.unach, 2018. pág. 24.
7. **Camacho, Yazmin. 2021.** *DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE TANINOS EXTRAÍDO DE LA VAINA DE LA TARA (CAESALPINIA SPINOSA) PROVENIENTE DEL BARRIO EL PORTETE CANTÓN GONZANAMÁ DE LA PROVINCIA DE LOJA*. Loja- Ecuador : Universidad Nacional de Loja, 2021. pág. 13.
8. **Castro, Carlos. 2017.** researchgate.net. [En línea] 4 de Julio de 2017. [Citado el: 26 de Enero de 2024.] https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Enrique-Mendez/publication/329487502_Tabla_Munsell_Teoria_y_practica_y_Manejo_de_Tabla_de_colores_Munsell_y_regimen_de_Humedad/links/5c0ac562a6fdcc494fe1d776/Tabla-Munsell-Teoria-y-practica-y-Manejo-de-Tabla-de-

9. **Cortez, Diana. 2012.** “*OBTENCIÓN DE EXTRACTO TÁNICO Y EXTRACTO GÁLICO A PARTIR DE LA HARINA DE VAINA DE GUARANGO (Caesalpinia Spinosa) (Mol.) O. Kuntz, A ESCALA LABORATORIO.*”. Riobamba : Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2012. pág. 29.
10. **Cuchipe, Edwin. 2022.** “DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL GUARANGO (Caesalpinia spinosa) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”. Latacunga : Universidad Tecnica de Cotopaxi, 2022, pág. 7.
11. **De la Cruz, Primo. 2004.** aprovechamiento integral y racional de la tara Caesalpinia spinosa. 2004, Vol. Vol. 7, N.º 14, 64-73, pág. 70.
12. **Ecuadorforestal. 2018.** ecuadorforestal.org. [En línea] Agosto de 2018. [Citado el: 14 de Noviembre de 2023.] <https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/TARA.pdf>.
13. **Fernández, Katherina. 2007.** Caracterización de los Taninos. [En línea] Octubre de 2007. [Citado el: 18 de Noviembre de 2023.] <https://www.politecnica.pucrs.br/laboratorios/taninos/restrito/caracterizacion-taninos.pdf>.
14. **Flores, Dieter. 2020.** *EXTRACCIÓN DE TANINOS A ESCALA DE LABORATORIO A PARTIR DE SEMILLAS DE UVA DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA*. Tarija-Bolivia : s.n., 2020. pág. 76.
15. **FONAG. 2006.** “Cadenas agroproductivas para la conservación de la cuenca media del río Pita”. Quito : COMPARTIENDO EXPERIENCIAS N° 5, 2006, págs. 8-9.
16. **Hidalgo, Erika. 2023.** *OBTENCIÓN DE GOMA DE GUARANGO (Caesalpinia spinosa), PARA SU APLICACIÓN COMO ESPESANTE EN LA ELABORACIÓN DE HELADOS*. Riobamba : Universidad Nacional de Chimborazo, 2023. págs. 17-18.
17. —. **2023.** *OBTENCIÓN DE GOMA DE GUARANGO (Caesalpinia spinosa), PARA SU APLICACIÓN COMO ESPESANTE EN LA ELABORACIÓN DE HELADOS*. Riobamba : dspace.unach, 2023. pág. 13.
18. **Hoyos, Tania. 2014.** “*DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE TANINOS EN LAS HOJAS, CORTEZA Y FRUTOS DE LA ESPECIE DE GUÁCIMO (Guazuma*

ulmifolia Lam) CAJAMARCA PERU". Jaén - Perú : <https://repositorio.unc.edu.pe/>, 2014. pág. 38.

19. **Isaza, José. 2007.** s.l. : Scientia et Technica Año XIII, 2007, Vol. Vol. 1, pág. 1.
20. **Jara, María. 2013.** "*PROYECTO CREACIÓN DE UNA EMPRESA ASOCIATIVA DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACION DE PRODUCTOS DE GUARANGO Caesalpinia spinosa (Mol) O. Kuntz, EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, PARA EL MEJORAMIENTO SOCIOECONÓMICO DEL SECTOR*". Riobamba : dspace.espoch, 2013. pág. 3, Tesis.
21. **Játiva, Santiago. 2011.** *DETERMINACION DEL CONTENIDOS DE TANINOS PROCEDNETE DEL GUARANGO (Caesalpinia spinosa) Y EVALUACION DE SU USO COMO FUNGICIDA*. Quito : Escuela Politecnica Nacional, 2011. pág. 2.
22. **Lara, Rosa. 2019.** "EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE GUARANGO (Caesalpinia spinosa), EN EL VIVERO EXPERIMENTAL CEASA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2019.". Latacunga : Universidad Tecnica de Cotopaxi, 2019, pág. 11.
23. **Manceno, Lorena. 2008.** *LA TARA (Caesalpinia spinosa) EN PERÚ, BOLIVIA Y ECUADOR: Análisis de la Cadena Productiva en la Región*. Quito : Programa Regional ECOBONA - INTERCOOPERATION, 2008.
24. **Marca, Luis y Vaca, Edison. 2021.** *Análisis del potencial ecológico del Guarango (Caesalpinia spinosa) en la comunidad Chingazo Alto, cantón Guano, como una estrategia de protección y recuperación de suelos en zonas de Bosque Andino Seco*. Riobamba : dspace.unach, 2021. pág. 22.
25. **Márquez, Cristina. 2022.** youtopiaecuador.com. [En línea] 27 de Abril de 2022. [Citado el: 15 de Noviembre de 2023.] <https://youtopiaecuador.com/economia-e-inclusion/guarango-organico-exportacion-guano-chimborazo/>.
26. **MINSALUD. 2020.** <https://www.minsalud.gov.co>. [En línea] 19 de Noviembre de 2020. [Citado el: 28 de enero de 2024.] <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/6guia-actividades-pyp-curtiembres.pdf>.

27. **Montalván, Jhonnatan. 2022.** *EXPOSICIÓN POR SULFATOS EN EL SUELO A LOS ELEMENTOS SUPERFICIALES DE HORMIGÓN DE VIVIENDAS DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.* Riobamba : dspace. unach, 2022. pág. 14.
28. **Montoya, Luis. 2021.** CIAD.MX. [En línea] 14 de Mayo de 2021. [Citado el: 19 de Noviembre de 2023.] [https://www.ciad.mx/taninos-antinutrientes-o-moleculas-con-potencial-benefico/#:~:text=Diferentes%20estudios%20atribuyen%20propiedades%20ben%C3%A9ficas,et%20al.%2C%202010\)..](https://www.ciad.mx/taninos-antinutrientes-o-moleculas-con-potencial-benefico/#:~:text=Diferentes%20estudios%20atribuyen%20propiedades%20ben%C3%A9ficas,et%20al.%2C%202010)..)
29. **Narváez, Alexandra, Calvo, Amanda y Troya, Ana María. 2009.** Las poblaciones naturales de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en el Ecuador: una aproximación al conocimiento de la diversidad genética y el contenido de taninos por medio de estudios moleculares y bioquímicos. Quito : Serie Investigación y Sistematización No. 7. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION, Laboratorio de Biotecnología Vegetal Escuela de Ciencias Biológicas Pontificia Universidad Católica del Ecuador PUCE., 2009, págs. 4-7.
30. **Pardo, José. 2022.** <http://www.ub.edu>. [En línea] Mayo de 2022. [Citado el: 13 de enero de 2024.] http://www.ub.edu/centrepatents/pdf/doc_dilluns_CP/pardo_patentesextractosplantas.pdf.
31. **Salas, Mayela, y otros. 2013.** Actividad Cito-Tóxica de Extractos de *Turnera diffusa* Fermentada y no Fermentada. 2013, Vol. Volumen 5, No 9, pág. 1.
32. **Santaella, Alberto y Ureña, Guillermo. 2017.** La importancia del ácido tánico en nuestros días revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide. [ed.] Juan Anta. *MoleQla.*: 21 de Marzo de 2017, Vol. 25, 45, pág. 48.
33. **Sias, Kimberlit. 2018.** “*EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN, ESTABILIDAD Y RUTA BIOSINTÉTICA DE TANINOS Y FENOLES*”. Iquitos-Perú : UNAP, 2018. pág. 13.
34. **Siccha, Ana y Lock, Olga. 1992.** HIDROCOLOIDES. 1992, Vol. VI, 2, págs. 171-172.
35. **Vázquez, Alma, y otros. 2012.** Vol. VI, No. 2, Chihuahua-México : TECNOCENCIA Chihuahua, Mayo-agosto de 2012, pág. 84.

36. **Viña, Sonia. 2013.** <https://ri.conicet.gov.ar>. [En línea] 2013. [Citado el: 24 de Enero de 2024.]

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/112803/CONICET_Digital_Nro.e259c68c-8b9e-472f-a1d4-0281856594ea_Q.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCION DE MUESTRAS DE LAS VAINAS EN LOS ARBOLES DE GUARANGO.



ANEXO B: FORMATO DE ETIQUETA DE LAS MUESTRAS

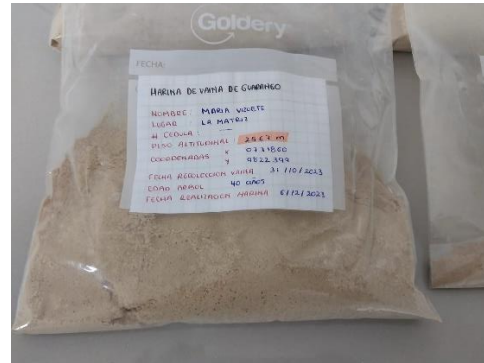
FECHA:

CONTENIDO:

HARINA DE VAINA DE GUARANGO

Nombre	Gloria Tierra
Lugar	Chingato bajo
# Cedula	060402937-2
Piso altitudinal	2690 m
coordenadas	x 0768209 y 9820366
Fecha recoleccion vaina	31/10/2023
EDAD ARBOL	8 años
Fecha realizacion harina	7/12/2023

ANEXO C: MUESTRAS DE VAINAS Y HARINA DE GUARANGO



ANEXO D: PREPARACION DE LOS EXTRACTOS Y MÉTODO DE EXTRACTO ACUOSO POR CALENTAMIENTO.



ANEXO E: EXTRACTOS ACUOSOS Y SOLUCIONES DE ÍNDIGO CARMÍN Y PERMANGATO DE POTASIO



ANEXO F: PREPARACIÓN Y TITULACIÓN DE LAS MUESTRAS



ANEXO G: VIRAJE EN LA VALORACION DEL EXTRACTO ACUOSO DEL GUARANGO



ANEXO H: ANALISIS ESTADISTICO CON EL PROGRAMA INFOSTAT

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%TANINOS	12	0,08	0,00	17,2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,17	3	10,72	0,22	0,8783
TRATAMIENTO	32,17	3	10,72	0,22	0,8783
Error	386,02	8	48,25		
Total	418,19	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=18,16271

Error: 48,2519 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
3	42,00	3	4,01	A
2	41,13	3	4,01	A
4	40,25	3	4,01	A
1	37,63	3	4,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO I: CALCULOS PARA LA PREPARACION DE SOLUCION DE PERMANGANTO DE POTASIO A 0,025 N

Como se compró las soluciones en diferentes concentraciones, se realiza lo siguiente.

- Calculo gramos de permanganato de potasio hay en la solución comprada para lo cual usaremos la siguiente formula.

$$\% = \frac{g \text{ de soluto}}{mL \text{ de solución}} \times 100$$

Para calcular lo gramos, despejamos.

$$g \text{ de soluto} = \frac{mL \text{ de solución} \times \%}{100}$$

Remplazamos

$$g \text{ de soluto} = \frac{500 \text{ mL} \times 4\%}{100}$$

$$g \text{ de soluto} = 20$$

Resultado:

20 gramos de permanganato de potasio en 500 mL de solución

- Determinamos su Normalidad

$$20 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol } KMnO_4}{158 \text{ g/mol}} \times \frac{1 \text{ eq} - \text{g}}{1 \text{ mol } KMnO_4} = 0,126 \text{ eq} - \text{g}$$

Y dividimos por lo 500 mL de solución

$$\frac{0,126 \text{ eq} - \text{g}}{0,500 \text{ L}} = 0,252 \text{ N}$$

Por último realizamos el siguiente cálculo de diluciones de concentraciones.

$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

$$100 \text{ mL} * 0,025 = V_2 * 0,252$$

$$V_2 = \frac{100 \text{ mL} * 0,025}{0,252}$$

$$V_2 = 9,92 \text{ mL}$$

Para preparar la solución de permanganato de potación a 0,025 N se toma 9,92 ml de $KMnO_4$ y se afora con 100 mL de agua destilada.

ANEXO J: CALCULOS PARA LA PREPARACION DE SOLUCIÓN DE INDIGO CARMÍN A 0,025 N

Realizamos el mismo procedimiento del ANEXO I

$$g \text{ de soluto} = \frac{\text{mL de solución} \times \%}{100}$$

Remplazamos

$$g \text{ de soluto} = \frac{500 \text{ mL} \times 0,3\%}{100}$$

$$g \text{ de soluto} = 1,5$$

Realizamos una regla de tres para determinar cuántos mL se necesita para preparar la solución:

$$\begin{array}{ccc} 1,5 & \diagdown & 500 \text{ mL} \\ 0,1 & \diagup & X \end{array}$$

$$X = 33,33 \text{ mL}$$

De esta manera se toma 33,33 mL de la solución comprada, se le añade 5 mL de ácido sulfúrico y se afora a 100 mL.

ANEXO K: CALCULO PARA LA DETERMINACION DE TANINOS EN DIFERENTES CONCENTRACIONES.

Para determinar la cantidad de gramos de taninos presentes en la concentración de 0,025 N se tiene en cuenta que en concentraciones de 0,1 N existe 0,0042 gramos de taninos.

$$\begin{array}{ccc} \text{Concentración de la solución (N)} & & \text{Gramos de Taninos (g TAN)} \\ 0,1 & \diagdown & 0,0042 \\ 0,025 & \diagup & X \end{array}$$

$$X = \frac{0,025 \text{ N} * 0,0042 \text{ g TAN}}{0,1 \text{ N}}$$

$$X = 0,00105 \text{ g TAN}$$

ANEXO L: CALCULO CONTENIDIO TANINOS


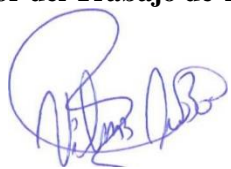
MUESTRA	SOLUCIÓN	REPETICIÓN	gasto neto Taninos	g TAN x ml	*250ml aforo	x 100%	% taninos	promedio
1	0,025	1	1,7	0,001785	0,4463	44,63	44,63	
1	0,025	2	1,4	0,00147	0,3675	36,75	36,75	37,63
1	0,025	3	1,2	0,00126	0,3150	31,50	31,50	
2	0,025	1	1,7	0,001785	0,4463	44,63	44,63	
2	0,025	2	1,2	0,00126	0,3150	31,50	31,50	41,13
2	0,025	3	1,8	0,00189	0,4725	47,25	47,25	
3	0,025	1	1,6	0,00168	0,4200	42,00	42,00	
3	0,025	2	1,9	0,001995	0,4988	49,88	49,88	42,00
3	0,025	3	1,3	0,001365	0,3413	34,13	34,13	
4	0,025	1	1,5	0,001575	0,3938	39,38	39,38	
4	0,025	2	1,4	0,00147	0,3675	36,75	36,75	40,25
4	0,025	3	1,7	0,001785	0,4463	44,63	44,63	

Fuente: El Autor



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 17/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Carla Brigitte Jácome Analuisa
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Forestal
Título a optar: Ingeniera Forestal
 Dr. Galo Briam Montenegro Córdova Ph.D. Director del Trabajo de Titulación  Msc. Vilma Fernanda Noboa Silva Asesor del Trabajo de Titulación